



TESIS-RG 092999

**ANALISA *LOSS VOLTAGE* JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK MENGGUNAKAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS**

(Studi Kasus: Kampus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

Wahyu Hari Suhantiyono

3511 201 210

PEMBIMBING

Dr.Ing.Ir.Teguh Hariyanto,M.Sc

PROGRAM MAGISTER

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

2014



THESIS-RG 092999

**ANALYSIS LOSS VOLTAGE POWER DISTRIBUTION USING GEOGRAPHICAL
INFORMATION SYSTEM**

(A case study of campus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

Wahyu Hari Suhantiyono

3511 201 210

SUPERVISOR

Dr.Ing.Ir.Teguh Hariyanto,M.Sc

MASTER PROGRAM

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

2014



THESIS-RG 092999

**ANALYSIS LOSS VOLTAGE POWER DISTRIBUTION USING GEOGRAPHICAL
INFORMATION SYSTEM**

(A case study of campus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

Wahyu Hari Suhantiyono

3511 201 210

SUPERVISOR

Dr.Ing.Ir.Teguh Hariyanto,M.Sc

MASTER PROGRAM

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

2014

LEMBAR PENGESAHAN

Tesks ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

WAHYU HARI SUHANINGYONO

NRP 3511 201 234

Tanggal ujian

(30 Desember 2014)

Periode wisuda

Maret 2015

Ditessnui oleh:

1. Dr. Ing. Ir. Gresh Hariyanto, M.Sc.
Nip.1989-08-19 1989-02-1001

(Pembimbing)

2. Ika Mutiara Anjasmurni, ST, M.Eng.Sc, Ph.D.
Nip.1978-12-31 2002-12-2001

(Penguji I)

3. M. Nurcahyadi, ST, M.Sc, Ph.D.
Nip.1981-12-13 2005-01-1002

(Penguji II)

Prokta Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Adi Sutrisno, M.T.
Nip.1944-04-05 1990-02-1001

ANALISA JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK MENGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

(Studi Kasus: Kampus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

Nama Mahasiswa : Wahyu Hari Suhantiyono
NRP : 3511201210
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Dr.Ing.Ir.Teguh Hariyanto,MSc.
2. Agung Budi Cahyono, ST,M.Sc.DEA

ABSTRAK

Power quality merupakan persoalan perubahan bentuk tegangan, arus atau frekuensi yang bisa menyebabkan kegagalan peralatan, baik peralatan milik PLN maupun milik konsumen. Permasalahan *power quality* meliputi *transient*, *short-duration variation*, *long duration variation*, *voltage unbalance*, *waveform distortion*, *voltage fluctuation*, *power frequency variation* dan *loss voltage*. *Loss voltage* dipengaruhi resistansi penghantar nilainya sebanding dengan jarak sumber tegangan jaringan distribusi listrik ke beban.

Pemetaan jaringan distribusi, *central sub station*, *sub station* menggunakan datum referensi WGS'84 dan proyeksi UTM dilengkapi data base kelistrikan yang *dioverlay* pada peta 'SITUASI ITS' merupakan peta yang telah terkoreksi menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *buffering* dapat memberikan informasi jarak antar point sumber tegangan dan beban listrik pada peta sehingga dapat dihitung *loss voltage* pada jaringan distribusi. Kapasitas daya trafo pada masing-masing *Sub Station* dan penampang penghantar jaringan distribusi serta arus nominal merupakan faktor perhitungan dalam analisa *loss voltage* jaringan distribusi listrik.

Dari hasil pengolahan data jaringan distribusi listrik di kampus ITS Surabaya yang merupakan interkoneksi 3 penyulang, 2 *Central Sub Station* dan 10 *Sub Station*, dengan posisi gardu seperti data biro sarana ITS memiliki *loss voltage* kurang dari 5% meliputi semua wilayah bangunan kampus sebagai beban listrik kecuali politeknik dan perumahan dosen. Pada area politeknik perlu adanya *gardu sub station* dan area perumahan dosen *suplay* berasal dari gardu trafo tiang. Pada analisa perhitungan jaringan distribusi maksimal 320 meter dengan *loss voltage* 5,01%.

Kata kunci: Jaringan Distribusi, *Power quality*, Geografi Informasi Sistem, *Buffering*, ITS Surabaya

ANALYSIS LOSS VOLTAGE POWER DISTRIBUTION USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

(A case study of campus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

Student Name : Wahyu Hari Suhantiyono
NRP : 3511 201 210
Supervisor : 1. Dr.Ing.Ir.Teguh Hariyanto,MSc.
2. Agung Budi Cahyono, ST,M.Sc.DEA

ABSTRACT

A power quality is a matter of changes in the form of voltage, current or frequency that could cause equipment failure, PLN and consumer's equipment. Power quality problems include transient, short-duration variation, variation of long duration, voltage unbalance, waveform distortion, voltage fluctuation, power frequency variation and loss voltage . Loss of voltage influenced conductor resistance value is proportional to the distance of the source voltage electricity distribution network to load.

Mapping the distribution network, the central sub-station, sub-station using the reference datum WGS'84 and projection UTM equipped dioverlay electrical data base on the map 'SITUASI ITS' is a map that has been corrected using Geographic Information System (GIS) with buffering method can provide distance information point between the voltage source and the electrical load on the map so that it can be calculated loss of voltage on the distribution network. Capacity power transformer on each Sub Station and conductor cross-section distribution network as well as the nominal current is a factor in the calculation of analysis loss voltage electricity distribution network.

From the data processing power distribution network on campus ITS which is the interconnection 3 feeders, 2 Central Sub Station and 10 Sub Station, the position of the Sub Station as a means of ITS data has a loss of voltage is less than 5% covering all areas of campus buildings as electrical load unless politeknik and dosen residential. In the area of politeknik need for substation sub station and residential area lecturers supply comes from the substation transformer pole. In the analysis of the calculation of the distribution network of 320 meters with a maximum of 5.01% of voltage loss.

Keywords: Network Distribution, Power quality, Geographical Information Systems, Buffering, ITS Surabaya

ANALYSIS LOSS VOLTAGE POWER DISTRIBUTION USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

(A case study of campus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

Student Name : Wahyu Hari Suhantiyono
NRP : 3511 201 210
Supervisor : 1. Dr.Ing.Ir.Teguh Hariyanto,MSc.
2. Agung Budi Cahyono, ST,M.Sc.DEA

ABSTRACT

A power quality is a matter of changes in the form of voltage, current or frequency that could cause equipment failure, PLN and consumer's equipment. Power quality problems include transient, short-duration variation, variation of long duration, voltage unbalance, waveform distortion, voltage fluctuation, power frequency variation and loss voltage . Loss of voltage influenced conductor resistance value is proportional to the distance of the source voltage electricity distribution network to load.

Mapping the distribution network, the central sub-station, sub-station using the reference datum WGS'84 and projection UTM equipped dioverlay electrical data base on the map 'SITUASI ITS' is a map that has been corrected using Geographic Information System (GIS) with buffering method can provide distance information point between the voltage source and the electrical load on the map so that it can be calculated loss of voltage on the distribution network. Capacity power transformer on each Sub Station and conductor cross-section distribution network as well as the nominal current is a factor in the calculation of analysis loss voltage electricity distribution network.

From the data processing power distribution network on campus ITS which is the interconnection 3 feeders, 2 Central Sub Station and 10 Sub Station, the position of the Sub Station as a means of ITS data has a loss of voltage is less than 5% covering all areas of campus buildings as electrical load unless politeknik and dosen residential. In the area of politeknik need for substation sub station and residential area lecturers supply comes from the substation transformer pole. In the analysis of the calculation of the distribution network of 320 meters with a maximum of 5.01% of voltage loss.

Keywords: Network Distribution, Power quality, Geographical Information Systems, Buffering, ITS Surabaya

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tesis ini untuk memenuhi persyaratan kelulusan program magister pada Jurusan Teknik Geomatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis merasa bahwa dalam menyusun tesis ini masih memerlukan masukan, saran untuk kesempurnaannya. Dalam menyusun menyusun tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Orang tua penulis, bapak Sirto dan ibu Sri Nanik selaku orang tua dan orang yang paling berjasa dalam kehidupan ini.
2. Istri dan dua anak tercinta yang memberikan dukungan selama ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo S, DEA, DESS selaku dosen wali pada program magister teknik di ITS Surabaya.
4. Bapak Dr.Ing.Ir.Teguh Hariyanto,MSc selaku pembimbing I dan koordinator program pasca sarjana di Teknik Geomatika ITS.
5. Agung Budi Cahyono, ST,M.Sc.DEA selaku pembimbing II dalam penulisan tesis di Magister Teknik Geomatika ITS.
6. Seluruh staf pengajar yang telah membimbing dan memberikan materi perkuliahan kepada penulis.
7. Seluruh karyawan dan tata usaha yang membantu dalam administrasi selama perkuliahan.
8. Staf biro sarana ITS dalam bantuan data kelistrikan kampus ITS.
9. Staf PT.PLN (persero) dalam bantuan data kelistrikan Surabaya Selatan.

Demikian kata pengantar, kritik membangun untuk kesempurnaan tesis ini sangat diharapkan. Semoga bermanfaat untuk semua pihak terutama penulis yang bersangkutan

Surabaya, 07 Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL

ABSTRAK..... i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR iv

DAFTAR TABEL vi

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 2

1.3 Batasan Masalah..... 2

1.4 Tujuan..... 3

1.5 Manfaat Penelitian..... 2

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Distribusi Listrik 4

2.2 *Power Quality* 8

2.3 Sitem Informasi Geografis..... 23

2.4. Penelitian Yang Sudah Ada: Pembuatan dan Analisa Sistem
Informasi Geografis Distribusi Jarinan Listrik (Studi Kasus:
Surabaya industry Estate Rungkut di Surabaya) Basis
Data..... 26

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian..... 29

3.2 Data Situasi Jaringan Distribusi..... 30

3.3. Data Spasial..... 32

3.4. Peralatan..... 33

3.5. Tahap Penelitian..... 33

3.6 Tahap Akhir/Hasil..... 36

BAB IV. JADWAL PELAKSANAAN

4.1 Data Spasial..... 37

| | |
|---|----|
| 4.2 Pengamatan Lapangan (<i>Ground Thruth</i>)..... | 37 |
| 4.3 Beban Jaringan Distribusi Listrik..... | 38 |
| 4.4 Perhitungan Rugi Tegangan pada jaringan Distribusi 20 KV (<i>Losses Voltage</i>)..... | 39 |
| 4.5 Perhitungan Rugi Tegangan Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (<i>Losses Voltage</i>)..... | 41 |
| 4.6 Analisis Spasial..... | 43 |
| BAB V. PENUTUP | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 45 |
| 5.2 Saran..... | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA | 46 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Sistem Distribusi..... | 4 |
| Gambar 2.2 Sistem Distribusi Radial..... | 5 |
| Gambar 2.3 Sistem Distribusi Loop..... | 5 |
| Gambar 2.4 Sistem Distribusi Spindel | 6 |
| Gambar 2.5 Segitiga Daya..... | 7 |
| Gambar 2.6 Pembatasan Permasalahan Kualitas Daya Berdasarkan.... | 9 |
| Gambar 2.7 Diagram Tegangan dan Arus..... | 10 |
| Gambar 2.8 Transien Pada Rel yang Diikuti <i>Back to Back Switching</i> | 13 |
| Gambar 2.9 <i>Voltage Magnification</i> Pada Rel Distribusi..... | 14 |
| Gambar 2.10 Transien yang Disebabkan Switching Kapasitor..... | 14 |
| Gambar 2.11 <i>Waveform Distortion</i> | 17 |
| Gambar 2.12 Bentuk Gelombang <i>Voltage Sag</i> | 17 |
| Gambar 2.13 Grafik Perubahan Frekuensi Sebagai Fungsi Waktu dengan Adanya Pelepasan Beban..... | 21 |
| Gambar 2.14 Grafik Turunnya Frekuensi Sebagai Akibat Gangguan Unit Pembangkit..... | 22 |
| Gambar 3.1 Penyulang 20 KV Kawasan Kampus ITS..... | 29 |
| Gambar 3.2 Penyulang Elektro 20 KV..... | 30 |
| Gambar 3.3 Penyulang Gebang 20 KV..... | 31 |
| Gambar 3.4 Penyulang ITS 20 KV..... | 32 |
| Gambar 3.5 Tahapan Penelitian..... | 33 |
| Gambar 3.6 Tahapan Alur Pengalahan Data..... | 35 |
| Gambar 4.1 <i>Layout</i> CSS dab SS Kampus ITS Surabaya..... | 38 |
| Gambar 4.2 <i>Single Line</i> Jaringan Distribusi Gardu CSS_1..... | 38 |
| Gambar 4.3 <i>Single Line</i> Jaringan Distribusi Gardu CSS_3..... | 39 |
| Gambar 4.4 Peta Situasi ITS..... | 43 |
| Gambar 4.5 <i>Geoprocessing</i> CSS dan SS..... | 43 |

Gambar 4.6 jaringan 20 KV dan Gardu CSS dan SS..... 44

Gambar 4.7 Area *Loss Voltage* Kampus ITS Surabaya..... 44

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Tabel Masalah <i>Power Quality</i> | 13 |
| Tabel 4.1 Koordinat UTM CSS dan SS..... | 37 |
| Tabel 4.2 <i>Losses</i> Jaringan Distribusi 20 KV..... | 41 |
| Tabel 4.3 <i>Losses</i> Jaringan Distribusi Sekunder 220 V..... | 42 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Tabel Masalah <i>Power Quality</i> | 13 |
| Tabel 4.1 Koordinat UTM CSS dan SS..... | 37 |
| Tabel 4.2 <i>Losses</i> Jaringan Distribusi 20 KV..... | 41 |
| Tabel 4.3 <i>Losses</i> Jaringan Distribusi Sekunder 220 V..... | 42 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Sistem Distribusi | 4 |
| Gambar 2.2 Sistem Distribusi Radial..... | 5 |
| Gambar 2.3 Sistem Distribusi Loop..... | 5 |
| Gambar 2.4 Sistem Distribusi Spindel | 6 |
| Gambar 2.5 Segitiga Daya..... | 7 |
| Gambar 2.6 Pembatasan Permasalahan Kualitas Daya Berdasarkan.... | 9 |
| Gambar 2.7 Diagram Tegangan dan Arus..... | 10 |
| Gambar 2.8 Transien Pada Rel yang Diikuti <i>Back to Back Switching</i> | 13 |
| Gambar 2.9 <i>Voltage Magnification</i> Pada Rel Distribusi..... | 14 |
| Gambar 2.10 Transien yang Disebabkan Switching Kapasitor..... | 14 |
| Gambar 2.11 <i>Waveform Distortion</i> | 17 |
| Gambar 2.12 Bentuk Gelombang <i>Voltage Sag</i> | 17 |
| Gambar 2.13 Grafik Perubahan Frekuensi Sebagai Fungsi Waktu dengan Adanya Pelepasan Beban..... | 21 |
| Gambar 2.14 Grafik Turunnya Frekuensi Sebagai Akibat Gangguan Unit Pembangkit..... | 22 |
| Gambar 3.1 Penyulang 20 KV Kawasan Kampus ITS..... | 29 |
| Gambar 3.2 Penyulang Elektro 20 KV..... | 30 |
| Gambar 3.3 Penyulang Gebang 20 KV..... | 31 |
| Gambar 3.4 Penyulang ITS 20 KV..... | 32 |
| Gambar 3.5 Tahapan Penelitian..... | 33 |
| Gambar 3.6 Tahapan Alur Pengalahan Data..... | 35 |
| Gambar 4.1 <i>Layout</i> CSS dan SS Kampus ITS Surabaya..... | 38 |
| Gambar 4.2 <i>Single Line</i> Jaringan Distribusi Gardu CSS_1..... | 38 |
| Gambar 4.3 <i>Single Line</i> Jaringan Distribusi Gardu CSS_3..... | 39 |
| Gambar 4.4 Peta Situasi ITS..... | 43 |
| Gambar 4.5 <i>Geoprocessing</i> CSS dan SS..... | 43 |

Gambar 4.6 jaringan 20 KV dan Gardu CSS dan SS..... 44

Gambar 4.7 Area *Loss Voltage* Kampus ITS Surabaya..... 44

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Tabel Masalah <i>Power Quality</i> | 13 |
| Tabel 4.1 Koordinat UTM CSS dan SS..... | 37 |
| Tabel 4.2 <i>Losses</i> Jaringan Distribusi 20 KV..... | 41 |
| Tabel 4.3 <i>Losses</i> Jaringan Distribusi Sekunder 220 V..... | 42 |

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H, Z., (2000), "Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya", Pradnya Paramita: Jakarta.

Abidin H,Z,2007 "GPS positioning"Modul Perkuliahan Survey Satelit:Bandung
Akhttar Faheem dan Hassan,2012," Mapping of Distribution Network using Geographical Information System.

Anthony J.Panshini,1988."Electric Power Disstribution System Engeneering", Erlangga:Jakarta.

Awalin Lilik Jamilatul, 2003," Pembuatan dan analisa Sistem Informasi Geografi Distribusi Jaringan Listrik SIER Surabaya.

Buana Putu Wira, 2010," Penentuan Rute Terpendek Pada Aplikasi Berbasis Peta".

Dian Fahrizal dan Ramadhan H.S ,2004,"Analisis Drop Tegangan pada kota Maulaboh"

Esrti, 2014, "Industri Electric Business Transmission", <http://www.esri.com/industries/electric/business/transmission>, diakses 4 Desember 2014.

Hutauruk, 1985,"Transmisi daya Listrik,Erlangga,Bandung,ITB dan TriSakti", Erlangga:Jakarta.

Kadir Abdul,1998."Transmisi Tenaga Listrik" Universitas Indonesia,UI Press: Jakarta.

Liu Yong-Fu,2010,"Study on Method of Design for Rural Power Distribution lines based on 3D GIS Technology".

Marsudi Djiteng,2002, "Pembangkit Energi Listrik", Erlangga:Jakarta.

Pabla.A.S.Hadi,Abdul,1994,"Sistem Distribusi daya Listrik",Erlangga:Jakarta.

Prahasta, Eddy, 2009,"Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)", Penerbit Informatika:Bandung.

Pujiono2002"Rangkaian Listrik"Graha Ilmu:Jakarta

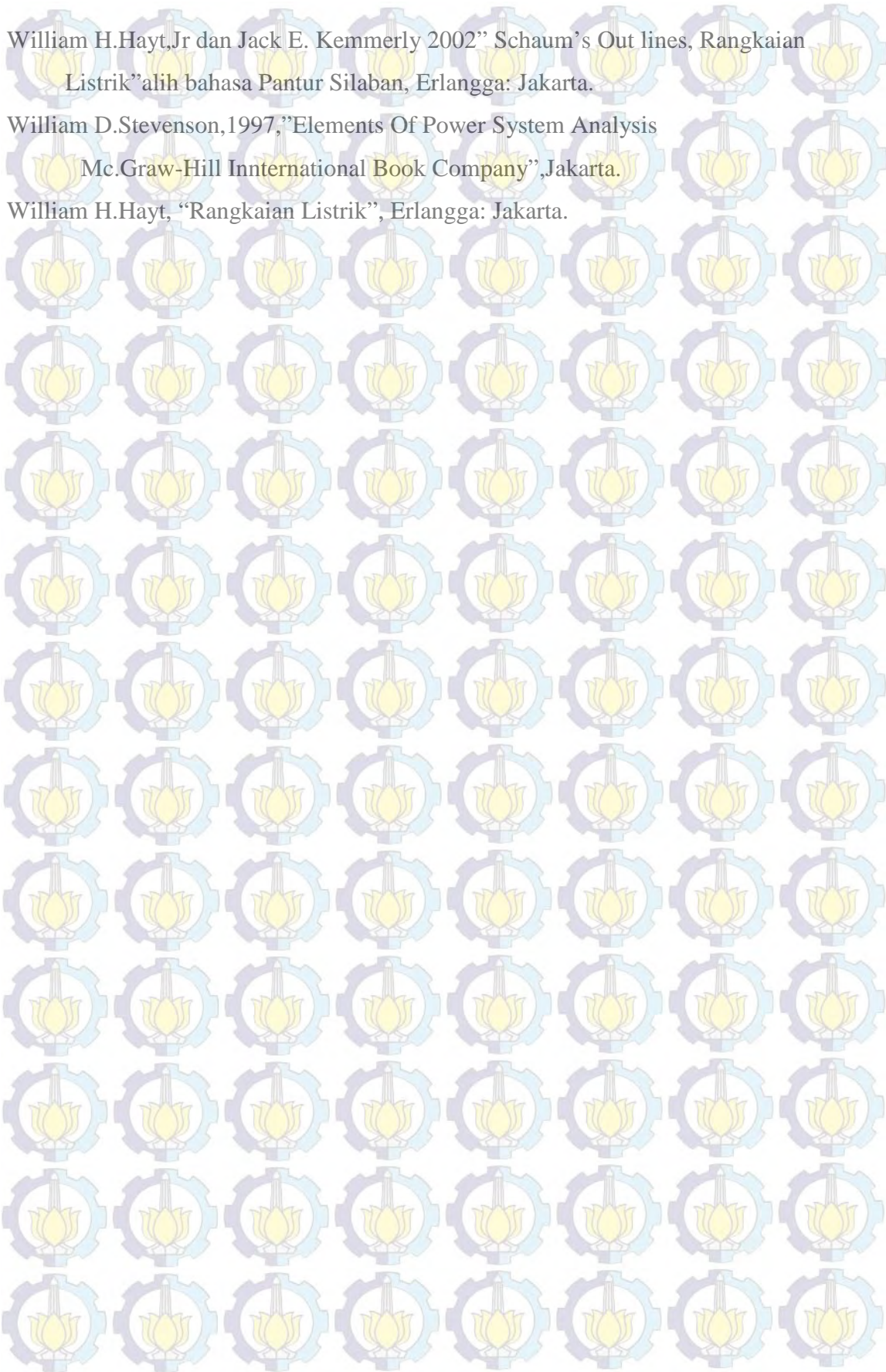
-----2009,"Undang-Undang Ketenagalistrikan 2009",Sinar Grafika:

Simangunsong Leonar, "Menghitung Sumber Tegangan", <http://leonardosi.mangunsong.files.wordpress.com>, diakses 4 Desember 2014.

William H.Hayt,Jr dan Jack E. Kemmerly 2002” Schaum’s Out lines, Rangkaian Listrik”alih bahasa Pantur Silaban, Erlangga: Jakarta.

William D.Stevenson,1997,”Elements Of Power System Analysis Mc.Graw-Hill Innternational Book Company”,Jakarta.

William H.Hayt, “Rangkaian Listrik”, Erlangga: Jakarta.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kejadian padamnya *suplay* tegangan listrik secara tiba-tiba akan memberikan dampak kerugian untuk konsumen, meskipun durasi waktu sebentar akan meresahkan setiap orang dan instansi yang tergantung pada listrik operasionalnya begitu juga di industri, akibat listrik padam di Jakarta pengusaha dirugikan puluhan milyar rupiah (<http://www.siagaindonesia.com>, 2014).

Regulasi kelistrikan sebagai standar operasional PT.PLN antara lain tegangan titik *suplay* diijinkan bervariasi 5%, besarnya deviasi maksimum tegangan tiga fase 0,5% sampai 2%, sistem interkoneksi Jawa-Bali deviasi frekuensi yang diijinkan adalah 0,5 Hz sedangkan daerah lain 1,5 Hz, *voltage fluctuation* toleransi operasionalnya 0,9 sampai 1,1 pu. Aturan-aturan tersebut dijadikan tolak ukur kualitas layanan PLN pada konsumen.

Loss voltage mengakibatkan perubahan bentuk gelombang sinus tegangan yang mempengaruhi kualitas tegangan pada konsumen, dengan pemetaan jaringan distribus listrik dengan metode Sistem Informasi Geografis, dapat diketahui panjang penghantar dan reaktansi penghantar sehingga nilai *loss voltage* tiap titik jaringan distribusi dapat diinformasikan.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember terus melakukan pembangunan sarana fisik, demikian juga jaringan kelistrikan kampus mengalami penambahan. Semua prasarana penunjang pembelajaran menggunakan listrik sehingga *suplay* tegangan listrik yang stabil dengan *power quality* yang baik sangat besar pengaruhnya.

Suatu penelitian mendapatkan nilai kerugian energi distribusi sebesar 34,4% dari energi yang disalurkan berasal dari rugi teknis pada jaringan distribusi 27% dan rugi non teknis 6,7% pada *studi* kasus kota Meulaboh, (Dian Fahrizal dan Ramdhan H.S) . Berdasarkan hal tersebut distribusi jaringan listrik dengan *loss voltage* yang kecil akan menurunkan kerugian teknis dan perbaikan *power quality* jaringan distribusi listrik.

1.2 Perumusan Masalah

Pemetaan jaringan listrik kampus ITS Surabaya dilengkapi data base kelistrikan yang dioverlay pada peta terkoreksi menggunakan Sistem Informasi Geografis dengan menggunakan fasilitas *buffering* dapat memberikan informasi nilai *loss voltage* pada jaringan distribusi sebagai salah satu faktor *power quality* listrik di kampus ITS Surabaya.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di area kampus ITS Surabaya.
2. Data yang digunakan adalah interkoneksi penyulang PT.PLN, jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder oleh biro sarana ITS Surabaya.
3. Analisa mengenai *loss voltage* jaringan distribus primer dan distribusi sekunder

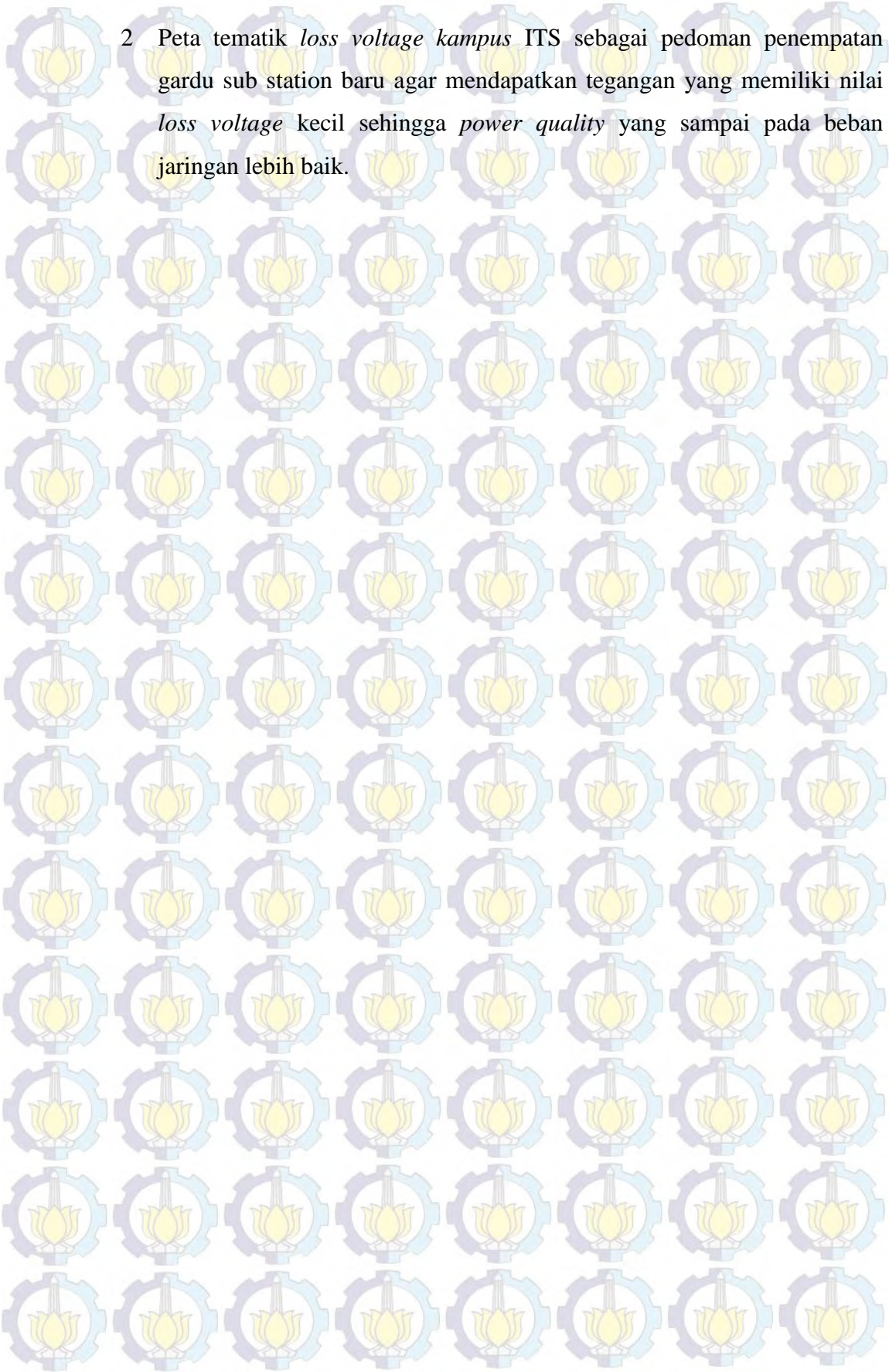
1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah

1. Pembuatan Peta tematik *loss voltage* pada jaringan distribusi sekunder kampus ITS Surabaya
2. Informasi cakupan area jaringan distribusi pada masing-masing sub station yang memiliki nilai kurang dari 5% pada kawasan kampus ITS.
3. Informasi *power quality* untuk jaringan distribusi dengan beban saat ini berdasarkan faktor *loss voltage*

1.5 Manfaat

- 1 Sebagai informasi dasar area yang memiliki nilai *loss voltage* dan acuan pengambilan keputusan perencanaan sambungan listrik baru yang tepat pada jaringan distribusi sekunder.

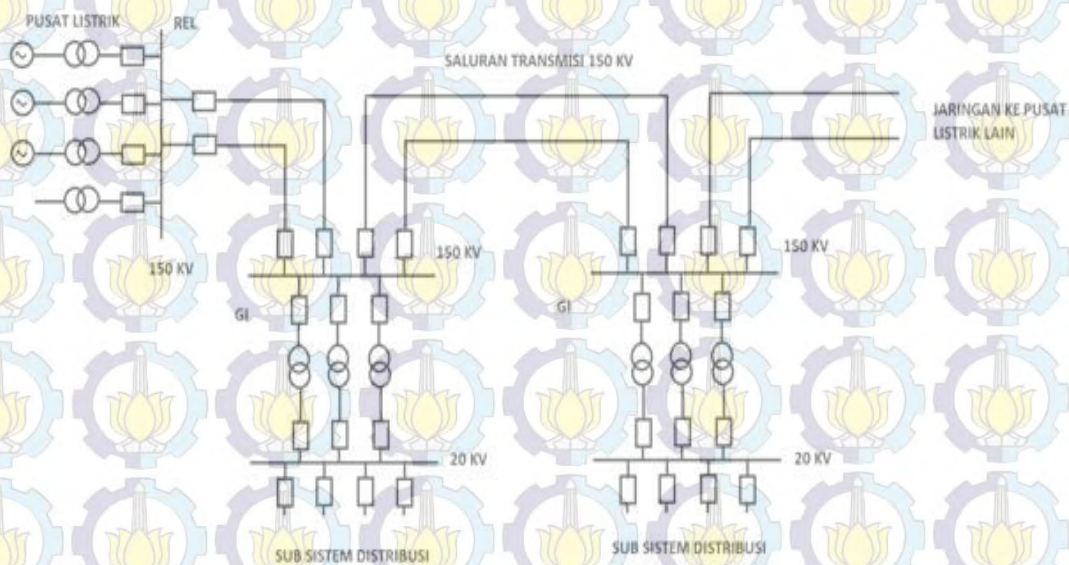
- 
- 2 Peta tematik *loss voltage kampus ITS* sebagai pedoman penempatan gardu sub station baru agar mendapatkan tegangan yang memiliki nilai *loss voltage* kecil sehingga *power quality* yang sampai pada beban jaringan lebih baik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Distribusi Listrik

Sistem kelistrikan ada tiga bagian meliputi pembangkit, jaringan transmisi dan sistem distribusi. Jaringan transmisi menghubungkan generator pembangkit dengan sistem distribusi (William D. Stevenson, 1982)

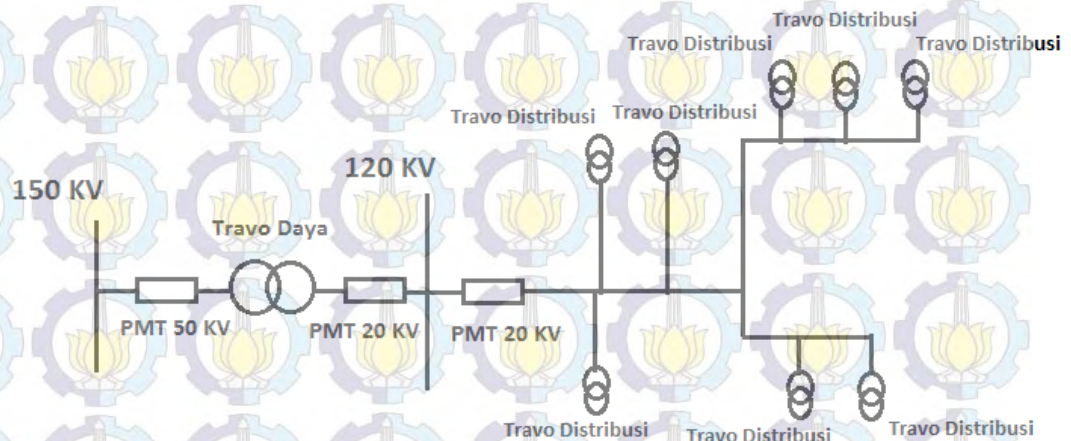
Tegangan pada generator antara 6-20 kV, tegangan generator dinaikkan pada tegangan transmisi 150-500 kV, semakin tinggi tegangan yang digunakan semakin besar kapasitas suatu saluran transmisi. Penurunan tegangan pada stasiun pembantu 70 kV diturunkan menjadi 20 kV sebagai tegangan distribusi primer. (Kadir Abdul, 1998).



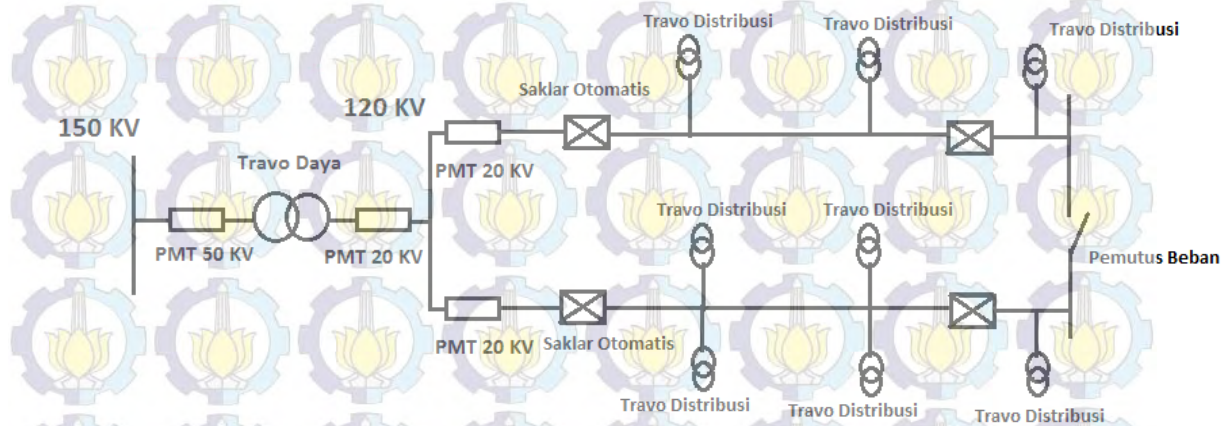
Gambar 2.1 sistem interkoneksi jaringan listrik

Sistem distribusi primer berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi sampai dengan gardu-gardu distribusi hingga pusat beban akhir. Konstruksi jaringan distribusi menyesuaikan dengan lokasi saluran, faktor keamanan, keindahan dan kekuatan menjadi prioritas utama sehingga dibedakan

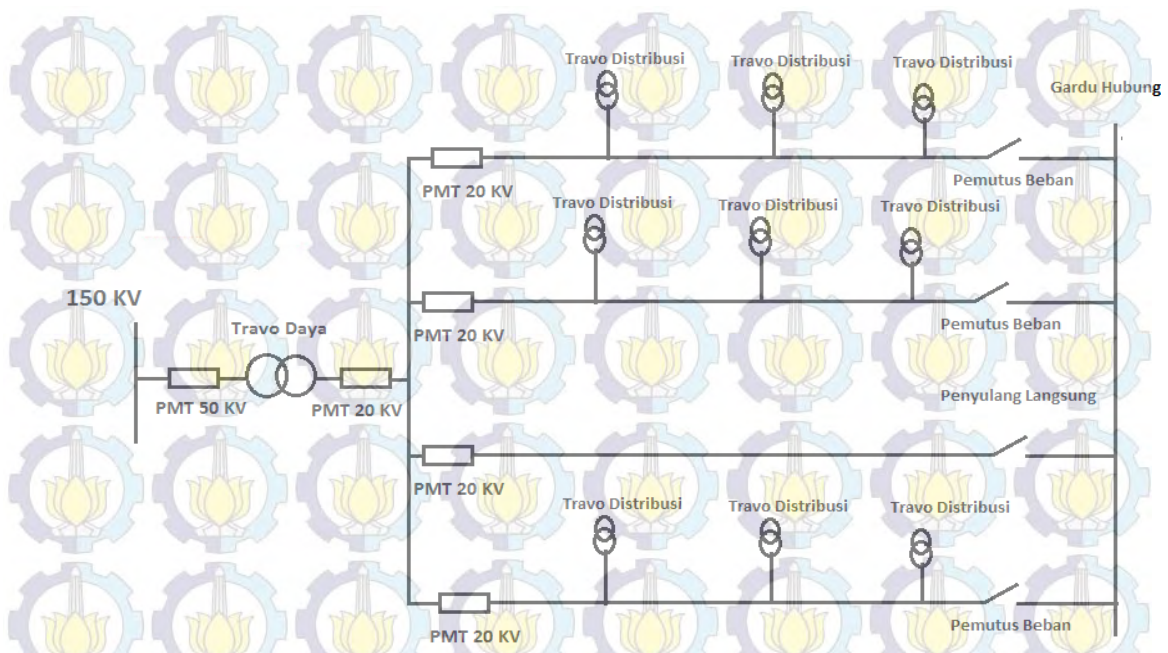
menjadi saluran bawah tanah dan saluran udara. Macam-macam jaringan distribusi adalah radial, loop dan spindel.



Gambar 2.2 sistem-distribusi radial



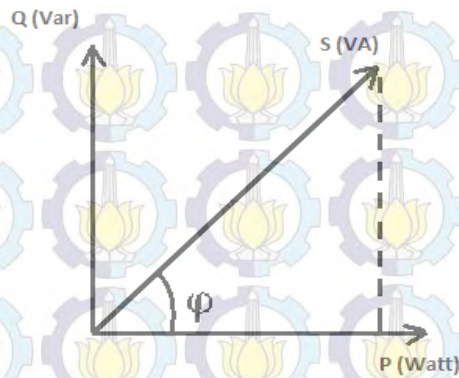
Gambar 2.3 sistem-distribusi loop



Gambar 2.4 sistem-distribusi spindel

Jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan daya listrik yang dikategorikan tegangan rendah (sistem 380/220 Volt), *rating* yang sama dengan tegangan peralatan yang digunakan pelanggan. Jaringan distribusi sekunder trafo bermula dari sisi sekunder trafo distribusi dan berakhir hingga alat ukur pelanggan. Pada sistem distribusi sekunder bentuk umum yang digunakan sistem radial.

Pada jaringan distribusi yang disalurkan rangkaian daya tiga fasa daya merupakan banyaknya perubahan tenaga terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus dalam satuan *watt*. Daya dalam *watt* yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat adalah hasil kali jatuh tegangan sesaat antara beban dalam *volt* dengan arus sesaat yang mengalir dalam beban tersebut dalam *amper*. Total daya tiga fasa:



Gambar 2.5 segi tiga daya

Berdasarkan ilmu trigonometri:

$$P = S \cos \phi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots [2.1]$$

$$Q = S \sin \phi \text{ (Volt Amper Reaktif)} \dots\dots\dots [2.2]$$

Sedangkan:

$$S = V.I \text{ (Volt Amper)} \dots\dots\dots [2.3]$$

Persamaan Daya :

$$P = V I \cos \phi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots [2.4]$$

$$Q = V I \sin \phi \text{ (Volt Amper Reaktif)} \dots\dots\dots [2.5]$$

P : Daya nyata (Watt)

Q : Daya reaktif (Volt Amper Reaktif)

S : Daya semu (Volt Amper)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Amper)

Φ : Sudut (radian)

Dalam menentukan rugi energi pada saluran distribusi dengan membandingkan energi yang disalurkan oleh gardu induk dengan energi yang terjual dalam selang waktu tertentu dengan menurunkan atau mengansumsikan nilai faktor rugi, maka rugi energi dalam periode tertentu didapat:

$$\text{Rugi Energi} = \text{Rugi daya pada beban puncak} \times \text{Faktor rugi} \\ \times \text{Jumlah jam dari periode tersebut (kWh)} \dots\dots\dots [2.6]$$

$$\text{Rugi Energi \%} = \frac{\text{susut /rugi energi}}{2! \text{Energi yang disalurkan GI}} \times 100\% \dots\dots\dots [2.7]$$

2.2 Power Quality

Sistem tenaga listrik yang baik harus memenuhi beberapa syarat meliputi *reliability*, *quality* dan *stability*. Sistem tenaga listrik harus mampu menyalurkan daya atau energi secara terus menerus dengan standar besaran untuk tegangan, frekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku dan sistem mampu bekerja kembali secara normal setelah mengalami gangguan.

Untuk jaringan yang kompleks dimana beberapa pembangkit saling terkoneksi satu sama lain keluaran daya berupa tegangan dan frekuensi haruslah diperhatikan agar pembangkit bekerja seimbang. Sistem tenaga listrik memiliki variasi beban yang dinamis dimana setiap detik mengalami perubahan, meskipun demikian beban harus mendapatkan *suplay* dengan besaran daya yang sesuai.

Kesetabilan dapat digolongkan menjadi tiga jenis, tergantung pada sifat dan besarnya gangguan:

- Kestabilan keadaan tetap (*steady state stability*)
- Kestabilan Dinamis (*dynamic stability*)
- Kestabilan peralihan. (*transient stability*)

Kestabilan keadaan tetap merupakan kemampuan sistem tenaga listrik untuk menerima gangguan kecil yang bersifat gradual, yang terjadi disekitar titik keseimbangan pada kondisi tetap. Sedangkan kestabilan dinamis merupakan kemampuan sistem tenaga untuk kembali ke titik keseimbangan setelah timbul gangguan yang relative kecil secara tiba-tiba dalam waktu yang lama. Kestabilan peralihan kemampuan sistem untuk mencanpai titik keseimbangan atau sinkronisasi setelah mengalami gangguan yang besar sehingga sistem kehilangan stabilitas karena gangguan terjadi diatas kemampuan sistem.

Untuk melakukan analisis kestabilan suatu sistem tenaga listrik, hal pertama yang harus dilakukan adalah membangun model matematika yang dapat

menggambarkan dinamika sistem tenaga listrik saat ada gangguan besar. Model matematika yang dipakai untuk pembangkit listrik adalah persamaan ayunan

Nilai momen mekanik sama dengan momenelektrik

$$T_m = T_e \dots \dots \dots [2.8]$$

Selisih nilai momen mekanik dan momen elektrik

$$T_a = T_m - T_e \dots \dots \dots [2.9]$$

Momen inersia merespon kejadian sebesar J nilai momen percepatan generator

$$J \frac{d^2 \theta_m}{dt^2} = T_a = T_m - T_e \dots \dots \dots [2.10]$$

Keterangan:

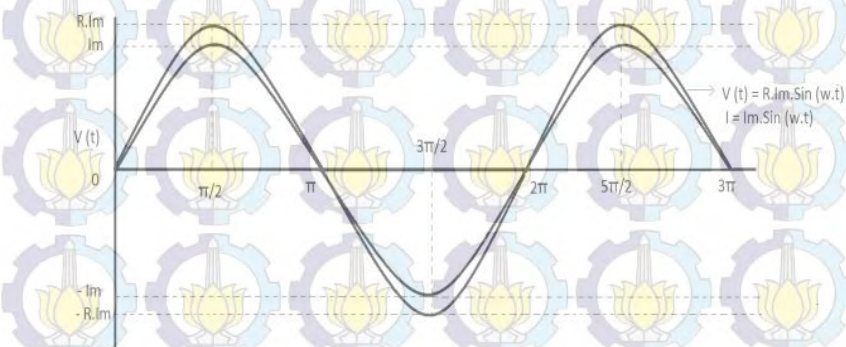
J : momen inersia dari massa rotor (kg-m²)

θ_m : pergeseran sudut rotor terhadap sumbu yang stasioner (radian)

t : waktu (detik)

T_m : Momen putar mekanis dikurangi momen putar perlambatan yang disebabkan oleh rugi-rugi perputaran (N-m)

T_e : Momen putar elektris (N-m)



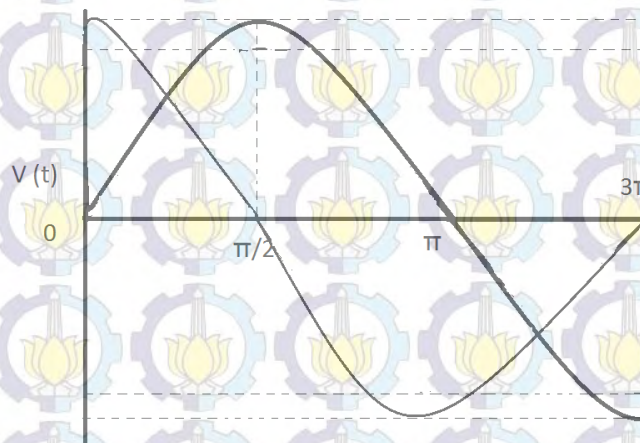
Gambar 2.6 Diagram tegangan dan arus sefase

Power quality adalah persoalan perubahan bentuk tegangan, arus atau frekuensi yang bisa menyebabkan kegagalan atau misoperation peralatan, baik peralatan milik PLN maupun milik konsumen masalah *Power Quality* bisa merugikan pelanggan maupun PLN.

Suatu Sistem tenaga listrik dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan :

- Dapat memenuhi beban puncak
- Memiliki deviasi tegangan dan frekuensi yang minimum.
- Menjamin urutan fase yang benar.
- Menjamin distorsi gelombang tegangan dan harmonik yang minimum dan bebas dari surja tegangan.
- Menjamin suplai sistem tegangan dalam keadaan setimbang.
- Memberikan suplai daya dengan keandalan tinggi dengan prosentase waktu layanan yang tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif.

Hal-hal diatas dijadikan tolok ukur, apakah layanan yang diterima oleh konsumen sudah baik atau belum. Kualitas tegangan listrik yang dituntut oleh masing- masing peralatan berbeda antara satu peralatan dengan yang lain. Persoalan *power quality* yang terjadi meliputi kejadian-kejadian seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 Diagram tegangan dan arus pada beban kapasitif

Permasalahan *power quality* meliputi permasalahan-permasalahan seperti : transient, short-duration variation, long-duration variation, voltage unbalance, waveform distortion, voltage fluctuation, power frequency variation.

Loss voltage mempengaruhi *power quality* tegangan pada konsumen dan memiliki efek merusak pada peralatan. *Loss voltage* merupakan penurunan energi dari sumber tegangan karena distribusi arus listrik melalulhi elemen pasif, faktornya tahanan dalam sumber tegangan, resistansi jaringan distribusi sehingga tegangan yang sampai beban listrik ada yang hilang.

Loss voltage pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan *loss voltage* Pada sistem jaringan distribusi masalah induktansi dan kapasitansi diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

Arus listrik merupakan jumlah muatan electron yang mengalir tiap detik.

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots [2.11]$$

Nilai impedansi merupakan jumlah nilai resistansi, impedansi induktif dan kapasitif.

$$Z = R + jXL + jXC \dots\dots\dots [2.12]$$

Nilai *loss voltage*

$$Vd = I . Z \dots\dots\dots [2.13]$$

Q : jumlah elektron yang mengalir (*Coulomb*)

XL : Reaktansi induktif (*Ohm*)

XC : Reaktansi kapasitif (*Ohm*)

Vd : *loss voltage* phasor pada suatu penghantar (*Volt*)

I : arus yang ditimbulkan pada jaringan (*Amper*)

Z : impedansi jaringan (*Ohm*)

Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung diterima 5%.

Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik, reaktansi, impedansi yang dilalui arus jaringan distribusi. *Loss voltage* merupakan selisih antara tegangan kirim berupa titik output trafo gardu induk dengan tegangan terima berupa titik beban listrik pada konsumen.

Besarnya nilai selisih tegangan kirim dan tegangan terima dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta V = V_S - V_T \dots \dots \dots [2.14]$$

ΔV : selisih antara tegangan kirim dengan tegangan terima (*Volt*)

V_S : tegangan kirim (*Volt*)

V_T : tegangan terima (*Volt*)

Loss voltage merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik. Tegangan jatuh relatif dinamakan regulasi tegangan dinyatakan persamaan :

$$V_R = \frac{V_S - V_T}{V_T} + 100 \% \dots \dots \dots [2.15]$$

V_R : regulasi tegangan (*loss voltage relative satuan Volt*)

V_S : tegangan kirim (*Volt*)

V_T : tegangan diterima konsumen (*Volt*)

Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansi maupun faktor daya tidak bernilai satu. Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor daya antara 0,6 s/d 0,85.

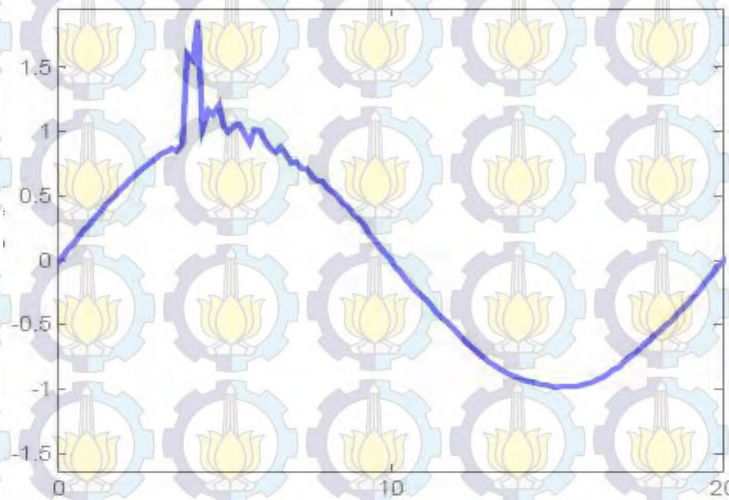
Kapasitor pada sistem daya listrik menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki tegangan dan faktor daya, menambah kapasitor pada sistem mengurangi kerugian akibat daya reaktif pada saluran. Pemasangan kapasitor dapat dipasang secara seri maupun paralel, selain itu konstruksi jaringan yang sejajar juga akan menimbulkan nilai kapasitansi pada jaringan. Beberapa masalah *power quality* yang sering terjadi pada sistem kelistrikan, dampak dan penanggulangannya.

Tabel 2.1 Tabel Masalah *Power Quality*

| Tipe Gangguan | Dampak | Alat Pelindung |
|--|---|--|
| <i>Voltage Sag (Dip)</i> ; penurunan tegangan atau arus listrik 0.1- 0.9 pu dalam waktu 0.5 cycles – 1 menit; karena gangguan atau starting beban besar. | <i>Equipment shutdown</i> | Regulator tegangan <i>UPS, D-STATCOM</i> |
| <i>Voltage Swell</i> ; kenaikan tegangan atau arus listrik pada frekuensi 1.1-1.8 pu dalam waktu 0.5-1 menit; karena lepasnya beban besar. | Keusakan alat karena kerusakan isolasi | Regulator tegangan <i>UPS, D-STATCOM</i> |
| <i>Electrical Noise</i> , distorsi (tidak periodic) bentuk gelombang sinus, kontak tidak sempurna, grounding tak bagus. | Ketidak tepatan operasi peralatan mikroprosessor | Trafo isolasi atau <i>UPS</i> |
| <i>Impulses (spikes and surges)</i> ; kenaikan tegangan dalam waktu (mikro-mili detik); karena lightning, gangguan atau switching beban besar. | Kerusakan pada peralatan elektronika dan kerusakan isolasi | <i>Surges suppressor dan UPS</i> |
| Harmonik; perubahan dari bentuk gelombang sinus murni secara periodic; karena power electronic, arc furnaces, gas discharge lighting device. | Pemanasan lebih pada motor, trafo. Kesalahan operasi pada relai dan kerusakan isolasi | Filter atau <i>UPS</i> |

2.2.1 Transien

Merupakan gejala peralihan yang terjadi pada rangkaian listrik. Baik tegangan, arus, maupun waktu. Gejala transien terjadi pada rangkaian yang mengandung komponen penyimpan energi seperti inductor dan kapasitor. Gejala ini timbul karena energi yang diterima atau dilepaskan oleh komponen tersebut tidak dapat berubah seketika.



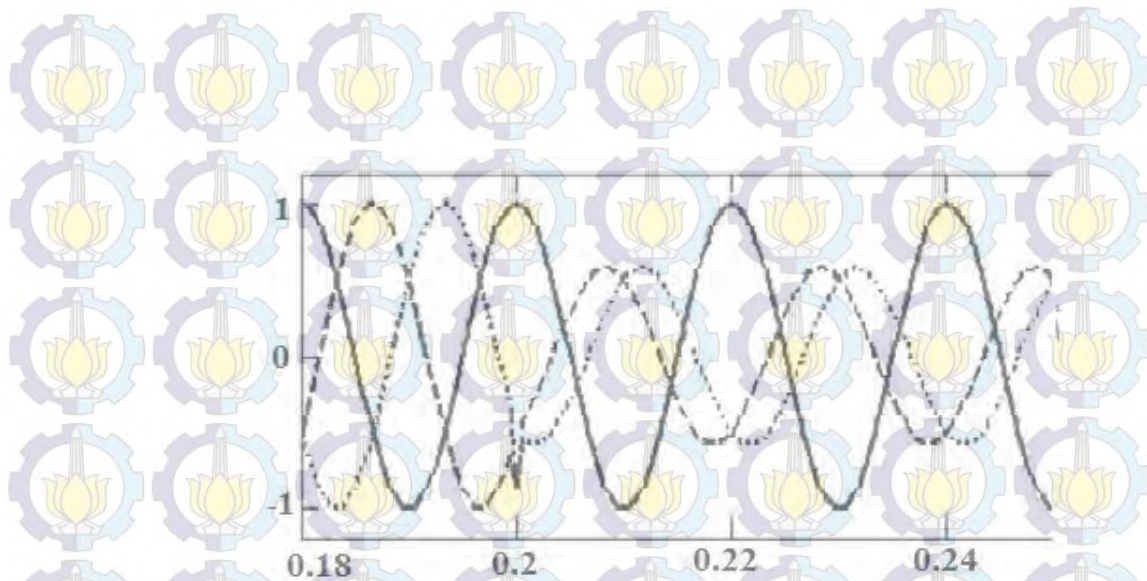
Gambar 2.8 Diagram Kondisi Transien

Transien sebagai kenaikan tegangan ketika kapasitor bank diisi, interaksi antara kapasitor bank level distribusi dengan kapasitor bank lainnya pada sistem transmisi. Transien yang terlihat merambat melalui sistem tenaga dan melewati transformator distribusi masuk ke peralatan konsumen, *transien* diatas 2.0 p.u tidak sampai merusak isolasi tapi kadang dapat menyebabkan kesalahan operasional dari peralatan-peralatan konversi elektronika daya

Untuk mengurangi pengaruh *switching* berdasarkan waktu jika *switching* dilakukan pada bersamaan beban meningkat, efek transien *overvoltage* dapat mengalami Shut Down setelah proses berlangsung. Untuk mengatasinya, maka pengaturan dan *switching* dilakukan beberapa saat sebelum beban puncak.

2.2.2 Voltage Unbalance

Voltage Unbalance artinya *voltage* yang tersedia di ketiga fasenya tidak sama, ini dapat terjadi di sistem distribusi dimana saja, dapat menimbulkan problem pada motor dan peralatan-peralatan listrik dengan sistem induksi tiga fase. Memang kondisi *balance* secara sempurna tidak akan pernah tercapai, namun harus diminimalkan.



Gambar 2.9 *Fase unbalance*

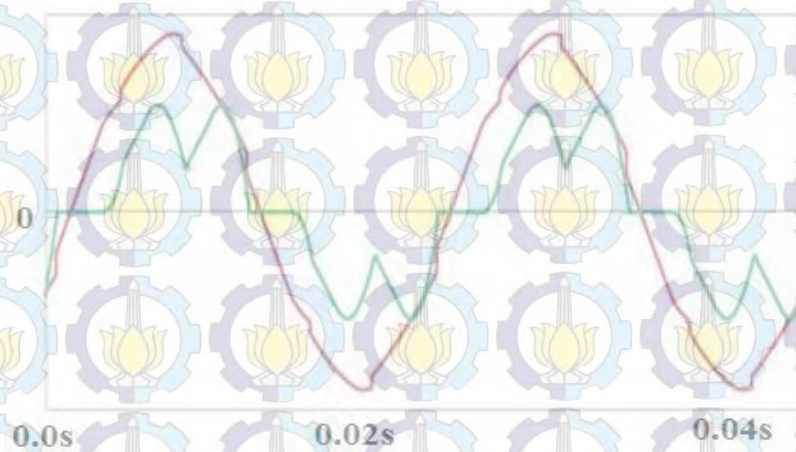
Kondisi *unbalance* lebih sering disebabkan oleh variasi dari beban. Ketika beban satu fase dengan fase lain berbeda, maka saat itulah kondisi *unbalance* terjadi. Hal ini mungkin disebabkan oleh impedansi, *type* beban, atau jumlah beban berbeda satu fase dengan fase lain. Misal satu fase dengan beban motor satu fase, fase lain dengan heater dan satunya dengan beban lampu atau kapasitor.

Kondisi *unbalance* paling umum mempunyai efek merusak pada motor listrik. Efek ini juga dapat disebabkan oleh *power supply wiring*, transformer dan generator. *Unbalance voltage* pada terminal motor mengakibatkan *unbalance* arus fase sebesar 6 – 10 kali persen *unbalance voltage* pada motor dengan beban penuh, *unbalance maximum* 5% dan derating 75%.

2.2.3 *Waveform Distortion*

Harmonic adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya, *harmonic* adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi *harmonic* yang timbul pada bentuk gelombang aslinya

sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan *harmonic*. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka *harmonic* keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, *harmonic* ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang *harmonic*nya.



Gambar 2.10 Distorsi tegangan

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedensi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beban non linier yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan

menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semi konduktor dalam peralatan elektronik. Perubahan bentuk gelombang ini tidak terkait dengan sumber tegangannya.

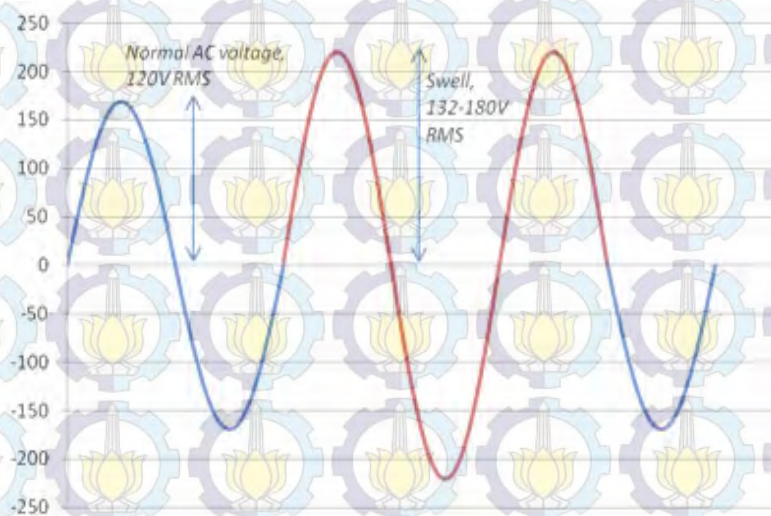
Setiap komponen sistem distribusi dapat dipengaruhi oleh *harmonic* walaupun dengan akibat yang berbeda. Namun demikian komponen tersebut akan mengalami penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan. Salah satu dampak yang umum dari gangguan *harmonic* adalah panas lebih pada kawat netral dan transformator sebagai akibat timbulnya *harmonic* ketiga yang dibangkitkan oleh peralatan listrik satu phase.

Toleransi total *harmonic distortion* untuk tegangan adalah sebesar 3 %. Rata-rata toleransi total *harmonic* untuk fasa L1, L2, L3 melebihi toleransi, sehingga nilai kualitas tegangan dari sisi toleransi total *harmonic* buruk, disebabkan pada beban operasi beban-beban seperti AC, lift dan motor listrik, merupakan sumber *harmonic*. Besarnya distorsi *harmonic* apabila dihitung nilai rms-nya, menunjukkan nilai yang cukup besar. Hal ini tentunya merupakan rugi-rugi daya, karena tegangan merupakan salah satu komponen daya disamping arus dan faktor daya. Sehingga distorsi *harmonic* ini dapat menaikkan konsumsi energi, perbandingan antara besar rms toleransi total *harmonic* tegangan dengan besar rms fundamental tegangan merefleksikan besarnya *distorsi harmonic*.

2.2.4 Voltage fluctuation

Voltage sag atau yang sering juga disebut sebagai *voltage dip* merupakan suatu fenomena penurunan tegangan rms dari nilai nominalnya yang terjadi dalam waktu yang singkat, sekitar 10 ms sampai beberapa detik. IEC61000-4-30 mendefinisikan *voltage sag* (dip) sebagai penurunan besar tegangan sementara pada titik di bawah nilai threshold-nya. IEEE Standard 1159-1995 mendefinisikan *voltage sag* sebagai variasi tegangan rms dengan besar antara 10% sampai 90% dari tegangan nominal dan berlangsung selama 0,5 siklus sampai satu menit.

Fluktuasi tegangan merupakan perubahan tegangan secara random 0,9 s/d 1,1 pu. Dampak dari fluktuasi ini adalah terjadinya *flicker* pada lampu. Ini umumnya terjadi karena pembusuran listrik. Besarnya variasi ini biasanya tidak melebihi 5% dari tegangan *suplay* nominal. Namun, perubahan besar kecilnya terjadi pada frekuensi tertentu dapat menimbulkan efek yang disebut lampu berkedip.



Gambar 2.11 Fluktuasi Tegangan

Tegangan lebih pada sistem akan mengakibatkan arus listrik yang mengalir menjadi besar dan mempercepat *deterioration of insulation* sehingga menyebabkan kenaikan rugi-rugi daya dan operasi, memperpendek umur kerja peralatan dan yang lebih fatal akan terbakarnya peralatan tersebut. Peralatan-peralatan yang dipengaruhi saat terjadi tegangan lebih adalah transformer, motor-motor listrik, kapasitor daya dan peralatan kontrol yang menggunakan kumparan seperti *solenoid valve*, *magnetic switch* dan *relay*. tegangan lebih biasanya disebabkan karena *eksitasi* yang berlebihan pada generator listrik *over excitation*, sambaran petir pada saluran transmisi, proses pengaturan atau beban kapasitif yang berlebihan pada sistem distribusi.

Tegangan turun pada sistem akan mengakibatkan berkurangnya intensitas cahaya sehingga redup pada peralatan penerangan, bergetar dan terjadi kesalahan

operasi pada peralatan kontrol seperti *automatic valve*, *magnetic switch* dan *auxiliary relay*, menurunnya torsi pada saat *start* pada motor-motor listrik.

Tegangan turun biasanya disebabkan oleh kurangnya *eksitasi* pada generator listrik, saluran transmisi yang terlalu panjang, jarak beban yang terlalu jauh dari pusat distribusi atau peralatan yang sudah berlebihan beban kapasitif.

2.2.5 Power frequency variation

Sistem tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik bagi para pelanggan dengan frekuensi yang praktis konstan. Penyimpangan frekuensi dari nilai nominal harus selalu dalam batas toleransi yang diperbolehkan. Daya aktif mempunyai hubungan erat dengan nilai frekuensi dalam sistem, sedangkan beban sistem yang berupa daya aktif maupun daya reaktif selalu berubah sepanjang waktu. Sehubungan dengan hal ini harus ada penyesuaian antara daya aktif yang dihasilkan dalam sistem pembangkitan harus disesuaikan dengan beban daya aktif. Penyesuaian daya aktif ini dilakukan dengan mengatur besarnya kopel penggerak generator, besarnya frekuensi tergantung dari besarnya selisih antara kopel generator dengan kopel beban generator, sehingga untuk mengatur frekuensi dalam sistem tenaga listrik dapat diatur dari dua sisi yaitu sisi generator maupun sisi beban



Gambar 2.12 Fluktuasi frekuensi fase

Cara pengaturan frekuensi

- Pengaturan daya aktif (sisi generator)
- *Load shedding* (sisi beban)
- Pengalihan daya pada saluran

Pengaturan daya aktif

Frekuensi pada sistem tenaga listrik dapat diatur dengan melakukan pengaturan daya aktif yang dihasilkan generator. Pengaturan daya aktif ini erat kaitannya dengan kenaikan jumlah bahan bakar yang digunakan untuk menaikkan daya aktif. Pada PLTU adalah berapa laju batu bara yang ditambah untuk dibakar sedangkan pada PLTA adalah berapa besar debit air yang dinaikkan untuk menggerakkan turbin sehingga menghasilkan kenaikan daya aktif. Pengaturan bahan bakar ini dilakukan dengan menggunakan governor. Sehingga pada pengaturan daya aktif ini erat kaitannya dengan kerja *governor* pada sistem pembangkit *thermal* maupun air.

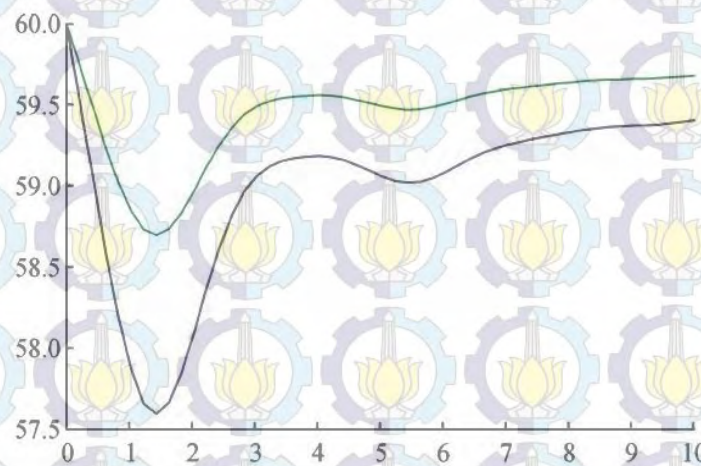
***Load shedding* (pelepasan beban)**

Jika terdapat gangguan dalam sistem yang menyebabkan daya tersedia tidak dapat melayani beban, misalnya karena ada unit pembangkit yang besar *trip*, maka untuk menghindarkan sistem menjadi collapsed perlu dilakukan pelepasan beban. Keadaan yang kritis dalam sistem karena jatuhnya unit pembangkit dapat dideteksi melalui frekuensi sistem yang menurun dengan cepat.

Pada sistem tenaga listrik yang mengalami gangguan karena lepasnya *trip* unit generator yang besar dapat mengurangi aliran daya aktif yang mengalir ke beban, sehingga menyebabkan generator-generator yang lain dipaksa bekerja. Jika hal ini berlangsung terus menerus dapat menyebabkan kerusakan mekanis pada batang kopel generator karena dipaksa bekerja. Untuk itu diperlukan *relay under*

frequency yang berfungsi untuk mendeteksi penurunan frekuensi sistem secara tiba-tiba akibat adanya unit pembangkit besar yang lepas dari sistem. Salah satu cara untuk menaikkan frekuensi tersebut adalah dengan melepas beban.

Besarnya unit pembangkit yang jatuh makin besar daya tersedia yang hilang sehingga frekuensi menurun. Kecepatan menurunnya frekuensi juga bergantung pada besar kecilnya *inersia* sistem. Semakin besar *inersia* sistem, makin kokoh sistemnya, makin lambat turunnya frekuensi.



Gambar 2.13 Diagram *load shedding*

Pengalihan daya pada saluran

Untuk mengatur frekuensi sistem dengan mengatur pengiriman daya aktif pada daerah yang memiliki kepadatan beban yang tinggi. Khusus oleh frekuensi pengaturannya dilakukan oleh satuan-satuan pembangkit, biasanya pergeseran frekuensi pelayanan ini kecil dan tidak sangat mengganggu konsumen, kecepatan melakukan pengalihan beban ke sumber pengisian cadangan, sekaligus mengisolasi gangguan. Hal ini masih tergantung kepada adanya sumber pengisian cadangan, dan juga apakah gangguan jaringan yang timbul dapat segera diketahui atau tidak gangguan jaringan dapat diketahui dengan segera melalui

sistem informasi dari petugas yang secara tetap ditempatkan di gardu induk, atau dengan pengiriman indikasi gangguan (sinyalisasi) melalui suatu teleprocessing. Setelah itu perlu dikirim secepat mungkin petugas-petugas ke lapangan untuk untuk melakukan pekerjaan mengisolir gangguan dan mengadakan manuver jaringan sehingga bagian-bagian yang padam dapat memperoleh penyaluran kembali.

Bagian jaringan yang terganggu harus segera diperbaiki, sehingga keadaan tidak normal dan jaringan tidak berlangsung lama, misalnya sampai terjadinya gangguan baru yang lebih menyulitkan harus disadari perlunya melaksanakan pekerjaan tersebut secepat mungkin. Penurunan frekuensi disebabkan misalnya oleh karena berkurangnya secara tiba-tiba persediaan daya pada pusat pembangkit jika terjadi pelepasan mesin-mesin. Sebaliknya, kejadian hubung singkat pada jaringan transmisi atau ditempat-tempat yang berdekatan dengan mesin pembangkit akan menyebabkan kenaikan frekuensi.

Jadi kenaikan atau penurunan frekuensi terjadi karena cepatnya perubahan pembebanan sistem yang besar. Dengan demikian besarnya perubahan beban yang besar itu harus diketahui, sehingga dapat diadakan pengaturan-pengaturan oleh pusat pengatur beban. Bagian ini yang mengatur pengalihan daya pada jaringan interkoneksi sehingga gangguan frekuensi dapat diredam.

2.3 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis adalah kombinasi *hardwere* dan *sofwere* sistem komputer untuk pengolahan managemen informasi spasial dan data atributnya dengan akurasi kartografi. SIG merupakan sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang tereferensi secara spasial atau koordinat-koordinat geografi yang merupakan pendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu integrasi deskripsi pada lokasi dengan karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut.

SIG dapat difungsikan untuk mengakses data jaringan kelistrikan, mengelola aset, memperbarui informasi jaringan, mengintegrasikan perintah kerja, mencari informasi jaringan, dan menyiapkan laporan. Indikator anomali data yang tidak normal, Ketika link data tersebut ke lokasi geografis pada peta SIG dapat memvisualisasikan gambaran besar dan sebagai alat pengambilan keputusan yang kuat.

Dengan metode ini obyek dipermukaan bumi diukur dengan derajat lintang bujur dan lokasi obyek pada peta diukur dengan koordinat, dibandingkan dengan peta analog SIG memiliki standart yang baku, data base berupa digital pada komputer sehingga otomatis dan sistematis dengan mudah ,murah dan cepat.

Tahapan pembuatan SIG secara umum meliputi:

2.3.1 Masukan Data

Masukan data merupakan fasilitas dalam SIG yang dapat digunakan untuk memasukkan data dan mengubah data asli ke dalam bentuk yang dapat diterima dan dapat dipakai dalam SIG. Masukan data terdiri atas sumber data dan proses memasukkan data.

a. Sumber Data

Sumber data yang dapat digunakan dalam masukan data antara lain data penginderaan jauh, data teristris, dan data peta.

a.1) Data Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh berupa citra, apabila sumber data berupa foto udara, harus diolah terlebih dahulu dengan cara interpretasi, kemudian disajikan dalam bentuk peta.

a.2) Data Teristris

Data teristris adalah data yang diperoleh langsung dari pengukuran lapangan. Data teristris dapat disajikan dalam bentuk peta, tabel, grafik, atau hasil perhitungan saja.

a.3) Data Peta

Data peta adalah data yang sudah dalam bentuk peta yang siap digunakan. Guna keperluan SIG melalui komputerisasi, data-data dalam peta dikonversikan ke dalam bentuk digital.

Data peta harus memenuhi syarat-syarat berikut ini:

- Jarak antar titik pada peta harus sesuai dengan jarak antar titik sesungguhnya di permukaan bumi.
- Luas wilayah pada peta harus sesuai dengan luas wilayah sesungguhnya.
- Sudut atau arah sebuah garis pada peta harus sesuai dengan sudut atau arah yang sesungguhnya di permukaan bumi.
- Bentuk sebuah objek pada peta harus sesuai dengan bentuk yang sesungguhnya di permukaan bumi.

b. Proses Pemasukan Data

b.1) Data Spasial

Guna memasukkan data spasial ke dalam SIG dapat dilakukan dengan dua cara digitasi dan penyiaman (scanning).

b.2) Digitasi

Kegiatan digitasi merupakan proses untuk menjadikan data digital sehingga dapat dilakukan pengolahan pada komputer.

Proses digitasi terdiri atas tiga tahap, yaitu :

- **Penyiapan peta yang akan didigitasi.**
Peta yang akan didigitasi terlebih dahulu harus dalam keadaan baik dan benar. Artinya, peta merupakan lembar bidang datar tanpa bekas lipatan, tidak sobek, dan harus jelas.

- Menentukan koordinat peta.

Pencatatan koordinat pada meja digitasi mempunyai satuan milimeter. Jika data yang akan didigitasi berupa peta, koordinat digitasi harus ditransformasikan sesuai dengan koordinat peta dan skala harus diubah dari satuan milimeter ke meter. Guna melakukan transformasi ini minimal ada tiga titik yang sudah diketahui kedudukannya di lapangan dan harus ditransformasikan sebagai titik kontrol. Pengambilan ketiga tempat tersebut untuk mengontrol apabila terjadi pengerutan atau pembesaran objek yang didigitasi.

- Mengedit data sebelum disimpan ke dalam data dasar

Pengeditan dilakukan karena selalu terjadi kesalahan dalam proses digitasi. Kesalahan dalam proses digitasi umumnya terjadi pada sambungan garis, garis yang terlalu panjang atau terlalu pendek, pencantuman garis atau titik, pencatatan rangkap, kesalahan kode, dan kesalahan lokasi. Guna menghilangkan kesalahan-kesalahan tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas penyiaman (*scanning*).

Memasukkan data dengan alat penyiam dapat menghemat waktu.

Penyiaman dapat dilakukan menggunakan detektor elektronik yang dapat bergerak. Penyiaman yang terkenal ialah penyiaman tabung (*drum scanner*) dan penyiaman datar (*flatbed scanner*). Data spasial yang dimasukkan dan disimpan di dalam SIG dapat dibedakan menjadi dua model, yaitu model data raster dan model data vektor.

2.4 Penelitian yang Sudah Ada: Pembuatan dan Analisa Sistem Informasi Geografis Distribusi Jaringan Listrik (Studi Kasus: Surabaya industry Estate Rungkut di Surabaya)

Penelitian oleh Lilik Jamilatul (2003) ,dengan menggunakan SIG untuk memenuhi pelayanan yang lebih baik pada pelanggan listrik di area Surabaya Industrial estate Rungkut (SIER) dengan cepat dan professional, dengan fasilitas *ArcView* dan didukung dengan data tegangan dan daya pada pelanggan area SIER dapat dihitung besarnya resistansi, arus serta drop tegangan dan rugi daya jaringan listrik.

Dari hasil penelitian untuk area SIER drop tegangan diperoleh sebesar 0,76% dengan menggunakan GPS ketelitian absolute 3 meter pada pengukuran koordinat tiang listrik, untuk Gardu Induk masih dalam batas toleransi karea sesuai standart persamaan untuk area SIER dengan menggunakan tegangan menengah 20 KV batas toleransi maksimal 9,398 meter. Pada proses pembuatan SIG menggunakan peta garis 1:1000, untuk pembuatannya titik koordinat tiang listrik dientrikan menggunakan *AutoDeskMap* untuk menghindari kergeseran kemudian di-*export* ke *ArcView* dengan tahapan masing-masing komponen sehingga didapatkan *theme* yang beda pada *ArcView*.

Drop tegangan diperoleh dengan memasukkan data-data pengukuran tegangan sisi kirim dan sisi terima sehingga dapat diketahui seberapa besar jatuh tegangannya, nila arus listrik pada jaringan didapatkan dengan perhitungan beban, dengan memanfaatkan data spasial yang ada *ArcView* dapat dengan lebih mudah. Hasil penelitian ditemukan perbedaan nilai antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran, perbedaan itu dimungkinkan oleh beberapa factor:

- Ketelitian alat ukur
- Ketelitian pembacaan
- Pembulatan hasil pembacaan

Factor-faktor yang menyebabkan drop tegangan pada suatu jaringan distribusi listrik:

- Resistansi penghantar
- Penggunaan terminal
- Impedansi dan admitansi saluran
- Beban dan factor daya

kualitas energy listrik yang digunakan pelanggan diukur dari kestabilan tegangan, untuk menjaga stabilitas tegangan pada area SIER menggunakan pengatur tegangan dengan beban (*on-load voltage-regulator*), agar tegangan sekunder dapat konstan meskipun tegangan primer berubah. Perhitungan rugi daya saluran distribusi dihitung berdasarkan arus pada waktu tertentu, data penyulang dan pelanggan digunakan sebagai dasar perhitungan rugi daya, hasil penelitian rugi daya pada area SIER kurang dari 5%.

Dari segi ekonomis nilai rugi daya dapat digunakan sebagai nilai hilang tahunan. Nilai hilang tahunan diperoleh melalui perbandingan antara rata-rata energi hilang tahunan dengan daya hilang pada kondisi beban puncak. Analisis ketersediaan daya listrik untuk tahun-tahun mendatang diketahui dengan membuat persamaan garis *trend* yang tidak berdekatan, kemudian dihubungkan dengan garis lurus. Grafik tersebut juga berguna dalam peramalan pertumbuhan penggunaan listrik oleh pelanggan. Penggunaan tenaga listrik yang diluar kewajaran pelanggan dapat diketahui dengan cepat oleh pihak PLN.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Kampus Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya berada di Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kotamadya Surabaya dengan kode pos 60111, Jawa Timur. Lokasi secara geografis di wilayah Surabaya bagian Timur pada $07^{\circ}16'32''$ - $07^{\circ}17'15''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}47'23,4''$ - $112^{\circ}47'57''$ Bujur Timur.

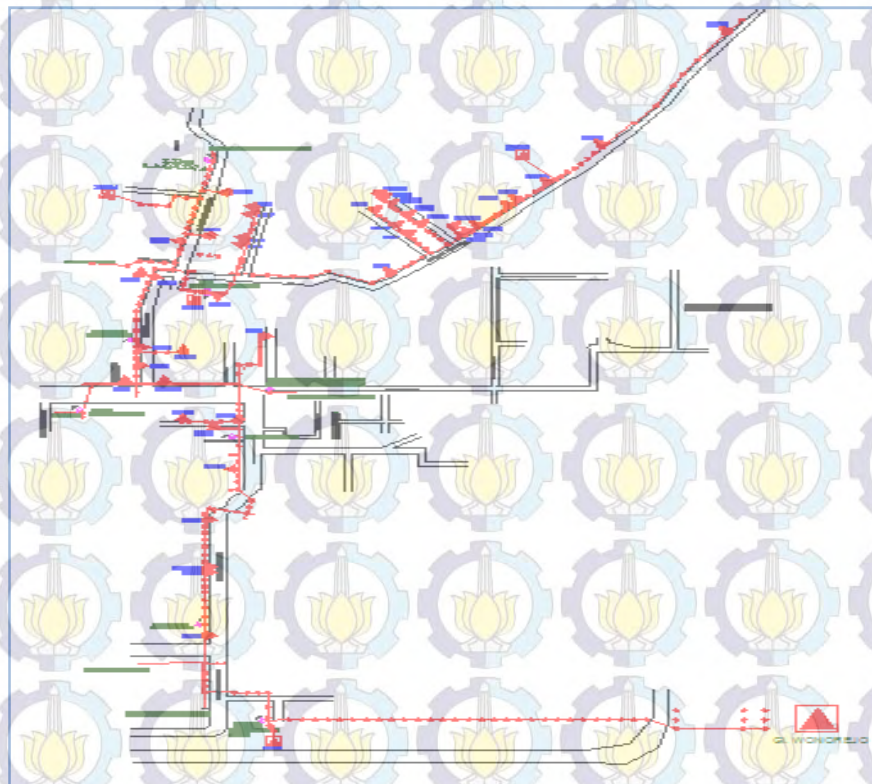


Gambar 3.1 Penyulang 20 KV kawasan kampus ITS
(PT PLN Persero)

Kampus ITS Sukolilo menempati area seluas 180 hektare dengan luas bangunan seluruhnya kurang lebih 150.000 m^2 . Selain itu terdapat Kampus Manyar yang dipergunakan oleh Program D-3 Teknik Sipil dengan luas bangunan 5.176 m^2 dan

Kampus ITS Cokroaminoto yang dipergunakan untuk magister manajemen serta beberapa lembaga kerjasama dengan luas bangunan 4.000 m². Pada area kampus disuplai tiga penyulang: penyulang gebang, penyulang ITS, Penyulang Elektro, saling interkoneksi dan disuplai Gardu Induk Wonorejo dan Gardu Induk Sukolilo.

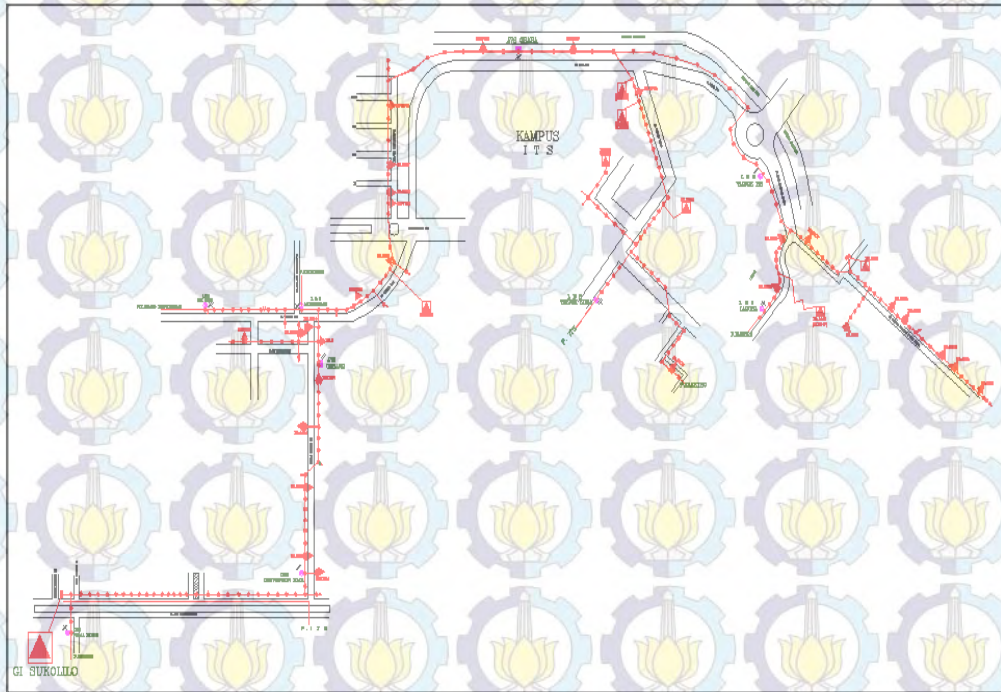
3.2 Data Situasi Jaringan Distribusi



Gambar 3.2 Penyulang Elektro 20 KV

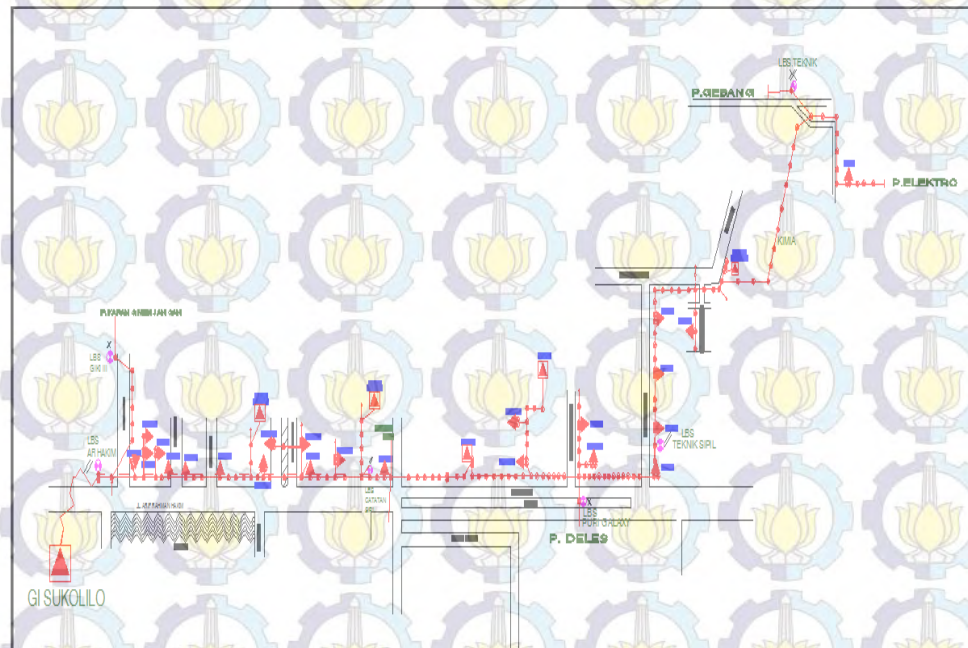
(PT PLN Persero)

Penyulang Elektro memiliki 45 Gardu Trafo dan 8 LBS penyulang ini interkoneksi dengan Penyulang Semampir, Penyulang Galaxy, Penyulang ITS, Penyulang Gebang, Penyulang Marina Mas sebagai sumber energi disuplai Gardu Induk Wonorejo. Penyulang ini menggunakan kabel udara XLPE *single core* N2XSY 12/20 KV dengan nominal tegangan 20KV dan maksimal tegangan tiga fase 24 KV.



Gambar 3.3 Penyulang Gebang 20 KV
(PT PLN Persero)

Penyulang Gebang memiliki 28 Gardu Trafo dan 8 LBS penyulang ini interkoneksi dengan Penyulang Brimob, Penyulang Karangmenjangan, Penyulang Kaliwaron, Penyulang Elektro, Penyulang ITS sebagai sumber energi disuplai Gardu Induk Sukolilo. Penyulang ini menggunakan kabel udara XLPE *single core* N2XSY 12/20 KV dengan nominal tegangan 20KV dan maksimal tegangan tiga fase 24 KV.



Gambar 3.4 Penyulang ITS 20 KV
(PT PLN Persero)

Penyulang ITS memiliki 27 Gardu Trafo dan 6 LBS penyulang ini interkoneksi dengan Penyulang Karangmenjangan, Penyulang Galaxy, Penyulang Deles, Penyulang Gebang, Penyulang Elektro sebagai sumber energi disuplai Gardu Induk Sukolilo. Penyulang ini menggunakan kabel udara XLPE *single core* N2XSJ 12/20 KV dengan nominal tegangan 20KV dan maksimal tegangan tiga fase 24 KV.

3.3 Data Spasial

Data spasial yang digunakan dalam penelitian ini:

- Peta 'SITUASI ITS SURABAYA' skala 1: 5000 oleh Teknik Geomatika ITS
- Peta jaringan distribusi primer listrik kampus ITS oleh Biro Sarana.

Data lapangan

- Pengamatan Gardu *Sub Station* dan *Central Sub Stations*, data hasil pengamatan digunakan sebagai validasi peta jaringan distribusi primer listrik Biro Sarana ITS Surabaya.

3.4 Peralatan

Perangkat Keras :

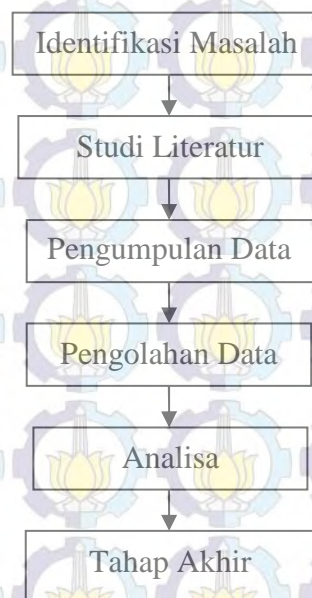
- Laptop HP 431 core i3

Perangkat Lunak :

- *Microsoft Excel 2007*
- *Sistem Operasi Windows XP*
- *Microsoft Word 2007*
- *ArcGIS 10.0*
- *AutoCad 2007*

3.5 Tahap Penelitian

Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3.4 Tahapan Penelitian

- Identifikasi Masalah

Bagaimana membuat peta tematik untuk perhitungan *loss voltage*, perhitungan jarak koneksi beban dengan gardu *Sub Station* sehingga mendapatkan informasi area yang mendapatkan tegangan dengan *loss voltage* diatas 5% toleransi maksimal sesuai standar PLN

- Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan *power quality* meliputi *transient*, *short-duration variation*, *long duration variation*, *voltage unbalance*, *waveform distortion*, *voltage fluctuation*, *power frequency variation*, *loss voltage*.

- Pengumpulan Data

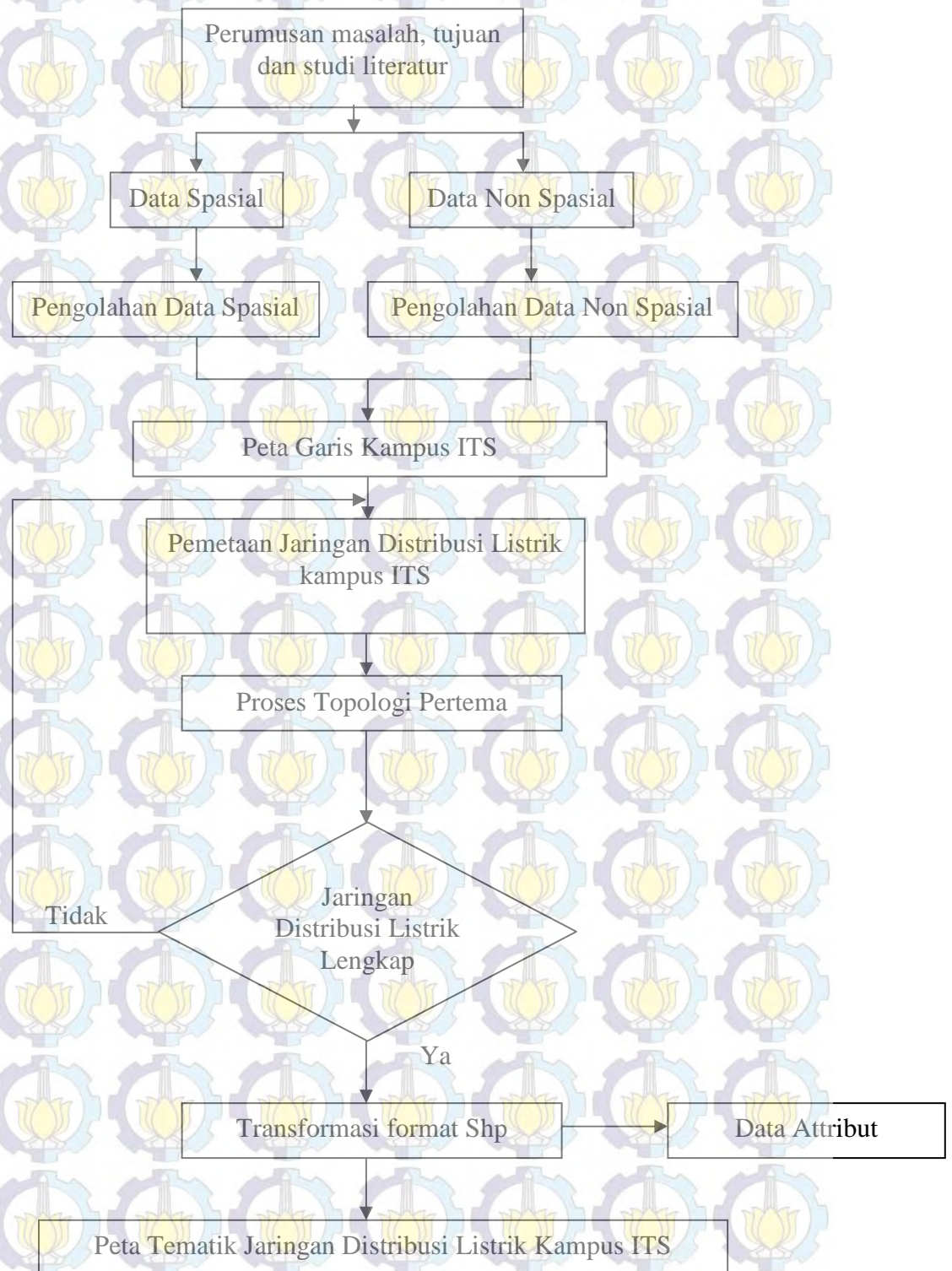
Pengumpulan data meliputi peta situasi ITS Surabaya, peta jaringan distribusi primer kampus ITS, data penggunaan beban di ITS tahun 2013, data IDPL, data gangguan jaringan distribusi primer, data gardu *central sub station*, gardu *sub station*.

- Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data berdasarkan diagram alur gambar 3.5 tahapan akhir merupakan peta tematik *Loss Voltage* kampus ITS Surabaya

Penjelasan alur pengolahan data :

- Dengan perumusan masalah dan tujuan seperti pada bab satu serta banyak literatur yang memberikan informasi banyak rangkaian elektronik yang peka terhadap *loss power* sehingga terjadi kerusakan bila hal itu terjadi.
- Data Spasial berupa peta situasi kampus ITS dengan skala 1:5000, interkoneksi penyulang Gebang dan penyulang ITS dan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) serta lokasi *Central Sub Station* (CSS) gardu *Sub Station* (SS) pada area kampus ITS yang merupakan titik *source power* pada jaringan distribusi sekunder listrik kampus ITS Suarabaya.
- Data Non Spasial meliputi IDPL gardu trafo sebagai suplai tegangan di kampus ITS, data penghantar yang digunakan pada jaringan distribusi primer dan sekunder, beban jaringan listrik pada kampus ITS, nilai *loss voltage* jaringan distribusi primer dan sekunder.



Gambar 3.5 Tahapan Alur Pengalahan data

Penjelasan alur pengolahan data :

- Peta garis yang digunakan pada penelitian ini peta 'SITUASI ITS' dengan skala 1:5000
- Pemetaan jaringan distribusi listrik kampus ITS dilengkapi dengan peta jaringan distribusi primer dan posisi *Central Sub Station* (CSS) dan *Sub Station* (SS).
- Proses topologi meliputi overlay peta SITUASI ITS dengan jaringan distribusi primer dan pembangian jaringan beban masing-masing *Sub Station* (SS).
- Data lapangan jaringan distribusi primer, CSS, SS dioverlay dengan peta situasi ITS dengan menggunakan metode SIG.
- Transformasi dalam format *shp* menggunakan software *ArcGIS 10.0* sehingga dapat dipetakan cakupan dan jarak penghantar untuk *Sub Station* (SS) dengan masing-masing beban pada jaringan distribusi kampus ITS Surabaya
- Dengan analisa nilai *loss voltage*, posisi geografis CSS dan SS sebagai sumber tegangan jaringan distribusi sebagai output berupa peta tematik *loss voltage* jaringan distribusi primer kampus ITS Surabaya.

3.6 Tahap Akhir/Hasil

Hasil akhir dari penelitian ini berupa peta tematik *loss voltage* sebagai dasar informasi untuk perbaikan *power quality* dan penempatan gardu *Sub Station* dalam pembangunan sarana fisik di kampus ITS Surabaya.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Data Spasial

Data spasial pada penelitian ini mencakup posisi geografis gardu *central sub station*, gardu *sub station* dan gedung-gedung sebagai beban jaringan distribusi listrik di kampus ITS Surabaya. Pada penelitian ini koordinat geografis berada pada zona 49 dengan datum referensi WGS'84 menggunakan proyeksi UTM posisi CSS dan SS sebagai gardu suplay ITS Surabaya berdasarkan peta '**SITUASI ITS**' sebagai berikut:

Tabel 4.1 Koordinat UTM CSS dan SS

| No | Gardu Central Sub Station | Koordinat UTM | |
|----|------------------------------|---------------|-------------|
| | | X | Y |
| 1 | CSS_1 | 698552,734 | 9194318,362 |
| 2 | SS_1 | 698332,828 | 9194363,144 |
| 3 | SS_2 | 698324,595 | 9194478,811 |
| 4 | SS_3 | 698384,100 | 9194570,577 |
| 5 | SS_4 | 698143,983 | 9194555,970 |
| 6 | SS_5 | 698082,046 | 9194410,748 |
| 7 | CSS_3 | 698221,283 | 9194775,417 |
| 8 | SS_01 | 698442,710 | 9194715,645 |
| 9 | SS_if | 698419,759 | 9194871,468 |
| 10 | SS_6 | 698215,618 | 9194774,834 |
| 11 | SS_7 | 698087,028 | 9194847,686 |
| 12 | SS_8 | 697829,429 | 9195047,496 |

4.2 Pengamatan Lapangan (*Ground Thruth*)

Pengamatan posisi CSS dan SS dilakukan pada tanggal 23-24 Juli 2014 untuk pengamatan posisi gardu *central sub station*, gardu *sub station* kemudian dilakukan plot pada peta '**SITUASI ITS**' oleh jurusan Teknik Geomatika ITS Surabaya yang telah dilakukan koreksi, sehingga letak CSS dan SS tepat sesuai posisi .

Pada pengamatan lapangan dilakukan pengukuran tiga titik pada area *buffer* peta *loss voltage* menggunakan osiloskop merk HUNG CHANG 3502C . Pengukuran

dilakukan pada hari Selasa tanggal 6 Januari 2015 jam 8 -11 WIB, Hasil pengukuran adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan pada

| No | Nama Gedung | Posisi | | Hasil Pengukuran | | Konversi dalam Volt |
|----|--------------------|------------|-------------|------------------|--------|---------------------|
| | | X | Y | 10 volt/div | 1-10 X | |
| 1 | Geomatika lantai 3 | 698052.341 | 9194872.945 | 3.10 | 10 | 219.170 |
| 2 | Research Center | 698353.314 | 9195258.945 | 3.00 | 10 | 212.100 |
| 3 | Gedung LPPM | 698269.320 | 9194833.700 | 3.12 | 10 | 220.584 |
| 4 | UPT Bahas | 697654.339 | 9195212.238 | 3.15 | 10 | 222.705 |

nb. setting alat : scala 10 volt/div dan proff posisi 10x

Gedung Teknik Geomatika pengukuran pada stop kontak lantai 3 merupakan cakupan buffer area 80m dari sumber *suplay* SS_3 berdasarkan peta *loss voltage* hasil penunjukan alat 310_{pp}. Dengan perhitungan nilai tegangan (RMS / Effektif) adalah $0,707 * V_{pp}$ didapatkan tegangan efektif 219.170Volt.

Jarak jaringan pada data lokasi dikonvermasi dengan *all data sheet* kabel XLPE untuk kontruksi jaringan *in ground* nilai *loss voltage* yang ditimbulkan secara ideal:

$$V_r = \frac{\sqrt{3} p x l x I x \cos \varphi}{A}$$

$$V_r = \frac{1.73 x 0.02826 x 80 x 315 x 0.85}{185}$$

$$V_r = \frac{1047.219516}{185} = 5.66 \text{ Volt}$$

$$V(\text{tegangan efektif}) = 220 - 5.66 = 214.34 \text{ Volt}$$

Bila diaplikasikan dengan peta *Loss Voltage* posisi gedung, nilai drop tegangan 1.48 %. Perbedaan perhitungan 4.83 Volt antara pengukuran dan perhitungan karena nilai arus listrik pada saat dilakukan pengukuran tidak sama dengan arus maksimal penghantar atau kabel yang digunakan pada jaringan distribusi berdasarkan *all data*

sheet ,karena arus listrik tergantung pada penggunaan beban listrik saat itu, sedangkan arus maksimal kabel merupakan kemampuan maksimal untuk menghantarkan arus listrik bila diatas nilai tersebut akan terjadi kerusakan pada jaringan distribusi.

Hasil analisa menyimpulkan peta loss voltage digunakan pada saat arus listrik maksimal sesuai kapasitas kemampuan penghantar yang merupakan batas atas penggunaan beban listrik pada kontruksi dan kabel yang digunakan jaringan distribusi tersebut.

Untuk dua titik yang lain alur perhitungan sama dan hasil pengukuran dipengaruhi fluktuasi tegangan dan arus listrik saat itu. Untuk nilai maksimal arus listrik diamankan dengan pengaman jaringan, hal ini memberikan indikasi jika terjadi nilai batas atas terlampaui pengaman akan memutus jaringan distribusi dan saat itu besaran-besaran sesuai dengan informasi peta *loss voltage* tesis ini.

Untuk titik pada UPT bahasa nilai lebih tinggi karena UPT mengambil *suplay* dari gardu diluar ITS. Meskipun posisi berada pada buffer diatas 5% tapi tegangan hasil pengukuran 222,705 Volt.

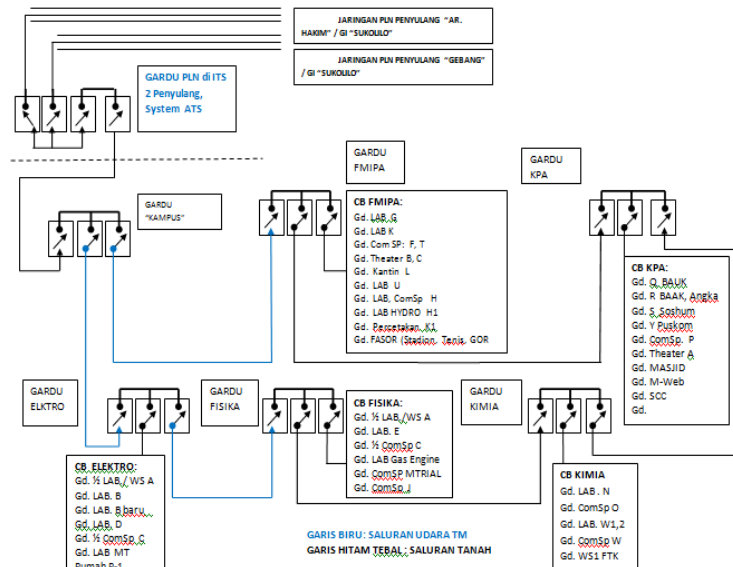
Sumber listrik kampus ITS Surabaya disuplai jaringan interkoneksi Penyulang Gebang, Penyulang ITS dan Penyulang Elektro dengan tegangan 20 KV. Area ITS Surabaya menggunakan dua gardu beton distribusi CSS_1 dan CSS_3 sebagai gardu induk interkoneksi tegangan jaringan distribusi.



Gambar 4.1 *Layout* CSS dan SS Kampus ITS Surabaya
(Biro Sarana ITS Surabaya)

4.3 Beban Jaringan Distribusi Listrik

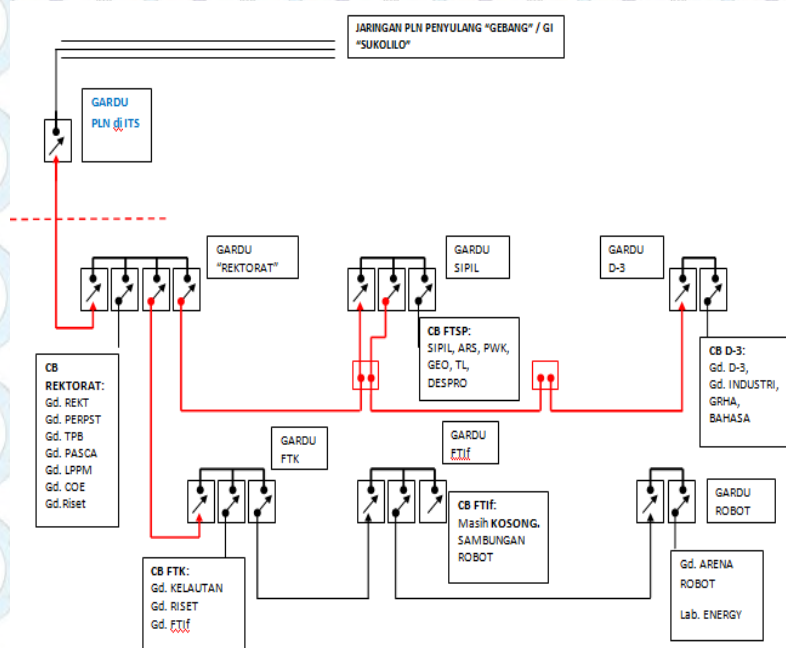
Pembagian beban listrik berdasarkan biro sarana ITS Surabaya, gardu CSS_1 menggunakan sistem ATS dengan lima gardu sub station.



Gambar 4.2 Single line jaringan distribusi gardu CSS_1

(Biro Sarana ITS Surabaya)

CSS_3 meliputi gardu rektorat, gardu SIPIL, gardu D3, gardu FTK, gardu FTIf, gardu ROBOT.



Gambar 4.3 Single line jaringan distribusi gardu CSS_3

(Biro Sarana ITS Surabaya)

4.4 Perhitungan Rugi Tegangan pada jaringan Distribusi 20 KV (*Losses Voltage*)

Jatuh tegangan merupakan selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan, jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan dan arus, pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh tegangan relative merupakan regulasi tegangan:

$$V_{reg} = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100 \%$$

V_R : regulasi tegangan (*loss voltage relative*)

V_S : tegangan kirim

V_T : tegangan yang diterima konsumen

$$\begin{aligned} VD &= r \int_0^L i x dx \cos \varphi + \int_0^L i x dx \sin \varphi \\ &= r i \frac{L}{2} \cos \varphi + x i \frac{L}{2} \sin \varphi \\ &= \frac{L \cdot r}{2} I \cos \varphi + \frac{L \cdot x}{2} I \sin \varphi \end{aligned}$$

L : panjang saluran

R : resistansi penghantar

X : reaktansi induktif penghantar

$$VD = \frac{L \cdot r}{2} I \cos \varphi + \frac{L \cdot x}{2} I \sin \varphi$$

$$\begin{aligned} &= \frac{268,37 \times 0,324}{2} \times 234 \times 0,85 + \frac{268,37 \times 0,261}{2} \times 234 \times 0,52 \\ &= (0,043476 \times 234 \times 0,85) + (0,035022 \times 234 \times 0,52) \\ &= 4,2615V \end{aligned}$$

Jaringan distribusi primer menggunakan tegangan 20 KV, kabel penghantar XLPE *medium voltage power cables tree core* 22 KV sehingga secara prosentasi rugi tegangan pada jaringan distribusi primer sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Losses \%} &= \frac{VD \times 100 \%}{V} \\ &= \frac{4,2615 \times 100 \%}{20000} \\ &= 0,021\%\end{aligned}$$

Table 4.2 Losses Jaringan Distribusi 20 KV

| No | Gardu Central Sub Station | Gardu Sub Station | Panjang Jaringan | Data Kabel | | | | Losses |
|----|------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------|----------------|
| | | | | Resistansi Ω/km | Induktansi Ω/km | Kapasitansi nF/km | Arus amp | |
| 1 | CSS_1 | SS_1 | 268.37 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0,021 % |
| 2 | CSS_1 | SS_2 | 392.10 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0,023 % |
| 3 | CSS_1 | SS_3 | 525.48 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0,041 % |
| 4 | CSS_1 | SS_4 | 778.63 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0,061 % |
| 5 | CSS_1 | SS_5 | 887.04 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0.070 % |
| 6 | CSS_3 | SS_1 | 245.53 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0.019 % |
| 7 | CSS_3 | SS_6 | 3 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0.0002% |
| 8 | CSS_3 | SS_7 | 166.81 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0.009 % |
| 9 | CSS_3 | SS_8 | 502.97 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0.039 % |
| 10 | CSS_3 | SS_If | 438.81 m | 0.324 | 0.109 | 0.261 | 234 | 0.034 % |

4.5 Perhitungan Rugi Tegangan Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (*Losses Voltage*)

Analisis dilakukan pada jaringan distribusi sekunder yaitu jaringan distribusi listrik dari CSS sampai SS. Gardu *Central Sub Station* merupakan titik suplay tegangan pada *sub station* yang menjadi titik distribusi tegangan pada gedung-gedung di ITS Surabaya.

Panjang jaringan distribusi diasumsikan 50 meter, daya gardu distribusi telah diketahui 800 KVA dan $\cos \phi$ yang menjadi ketentuan PLN 0,85, kabel TIC yang digunakan 3x35+N, tahanan jenis untuk aluminium sebesar $0,028264 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, tegangan pada trafo sebesar 380 V. Nilai arus masing-masing *sub station*, tahapan perhitungan nilai *drop* tegangan:

$$V_r = \frac{\sqrt{3} p \times l \times I \times \cos \phi}{A}$$

$$V_r = \frac{1.73 \times 0.028264 \times 268.3704 \times 12115.371 \times 0.85}{7111.397}$$

$$V_r = \frac{135116.5}{7111.397} \text{ drop tegangan} \quad V_r = 19 \text{ V}$$

Jadi nilai drop tegangan pada jaringan CSS_1 sampai dengan SS_1 sebesar 19 Volt. Untuk mencari rugi tegangan dalam persen sebagai berikut :

$$\text{Losses \%} = \frac{19 \times 100\%}{380} = 5\%$$

Dengan alur perhitungan yang sama tabulasi nilai amper dan *drop* tegangan jaringan distribusi listrik ITS Surabaya adalah sebagai berikut:

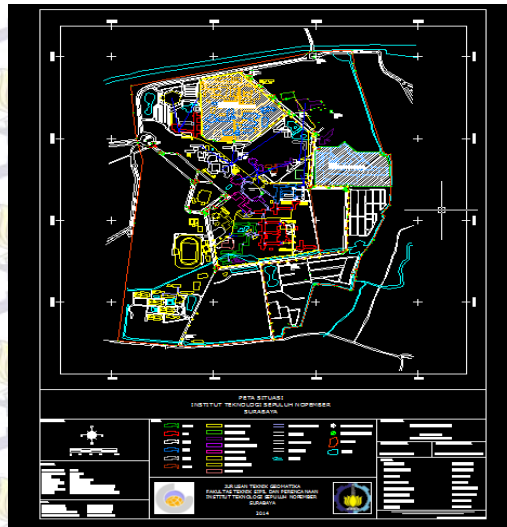
Table 4.3 Losses Jaringan Distribusi sekunder 220 V

| No | Gardu Central Sub Station | JARINGAN TEGANGAN RENDAH | | | | | |
|----|------------------------------|---------------------------------------|------|---------|-----------|--------|----------|
| | | Daya | Arus | Panjang | Penampang | Losses | Losses % |
| 1 | CSS_1 | <i>Feeder Central Sub Stations 01</i> | | | | | |
| 2 | SS_1 | 800KVA | 265 | 50 | 185 | 2,97 | 0,78 % |
| 3 | SS_2 | 630 KVA | 290 | 50 | 185 | 3,25 | 0,85 % |
| 4 | SS_3 | 630 KVA | 213 | 50 | 120 | 3,68 | 0,97 % |
| 5 | SS_4 | 630 KVA | 181 | 50 | 70 | 5,37 | 1.41 % |
| 6 | SS_5 | 630 KVA | 235 | 50 | 185 | 2,63 | 0,69 % |
| 7 | CSS_3 | <i>Feeder Central Sub Stations 03</i> | | | | | |
| 8 | SS_01 | 800KVA | 265 | 50 | 185 | 2,97 | 0,78 % |
| 9 | SS_if | 560KVA | 147 | 50 | 70 | 4,36 | 1,14 % |
| 10 | SS_6 | 800KVA | 285 | 50 | 185 | 3,20 | 0,84 % |
| 11 | SS_7 | 800KVA | 265 | 50 | 185 | 2,97 | 2,97% |
| 12 | SS_8 | 800KVA | 265 | 50 | 185 | 2,97 | 0,78 % |

4.6 Analisis Spasial

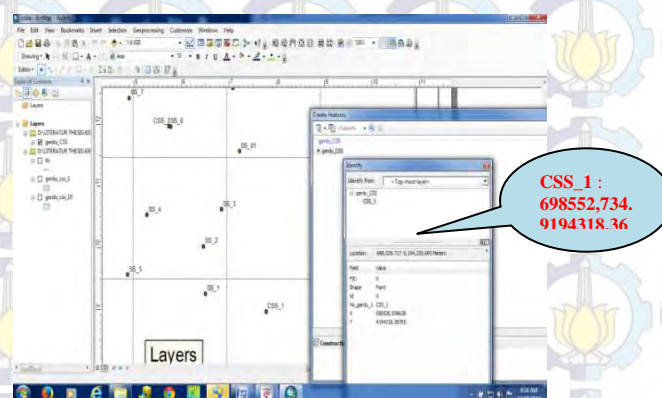
Analisis spasial yang disajikan pada penulisan karya ilmiah ini hasilnya berupa informasi cakupan area wilayah kampus ITS yang memiliki nilai *losses voltage* sesuai regulasi PT.PLN (persero) dengan sarana kelistrikan sesuai data biro saran ITS saat ini.

Peta dasar yang dibuat acuan dalam analisis spasial maupun non spasial adalah '**PETA SITUASI ITS**' produk Jurusan Teknik Geomatika ITS Surabaya tahun 2014 dengan menggunakan proyeksi UTM dan datum referensi WGS'84 yang dikompilasi dari citra GeoEye dengan peralatan GPS Geodetik Topcon HiperPro dan Total Station Topcon GTS 235 sebagai survey topografi dan leveling menggunakan waterpass WildHeerbrugg NAK-2.



Gambar 4.4 Peta SITUASI ITS

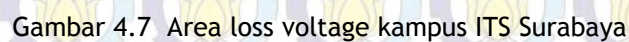
Dilakukan digitasi jaringan distribusi listrik berdasarkan observasi lapangan pada tanggal 23 -24 Juli 2014 untuk pengamatan posisi gardu *central sub station*, gardu *sub station*.



Gambar 4.5 Geoprocessing CSS dan SS

CSS dan SS sebagai poin pada peta berupa gardu beton dengan ukuran $\pm 4 \times 6$ m, dilakukan kompilasi dengan data biro sarana ITS, proses overlay telah dilakukan setting sistem referensi dan datum referensi yang sama sehingga posisi gardu beton, jaringan distribusi listrik dapat dipetakan dengan fasilitas geoprocessing pada *software ArcMap*

Dengan menggunakan fasilitas *buffer* pada *geoprocessing* software ArcMap didapatkan informasi cakupan lokasi kampus yang memiliki nilai *losses voltage* 0,15%, sampai dengan 5,01%, panjang saluran dimulai 10 m sampai dengan 320 m.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan regulasi PT. PLN Persero analisa perhitungan *losses voltage* pada kawasan kampus ITS Surabaya dapat disimpulkan:

1. *power quality* dipengaruhi oleh *transient, short-duration variation, long duration variation, voltage unbalance, waveform distortion, voltage fluctuation, power frequency variation*. dan *loss voltage*
2. Dengan spesifikasi material listrik yang digunakan, cakupan jaringan distribusi sekunder kampus ITS Surabaya maksimal 320 meter dengan *losses voltge* sebesar 5,01%.
3. Kawasan yang merupakan hasil *geoprocessing* dengan fasilitas *intersect* merupakan wilayah yang dapat disuplay 2 *Sub Station* secara jarak karena *losses voltage* yang ditimbulkan kurang dari 5%, hal ini sebagai pertimbangan bila dilakukan pemindahan sumber *suplay* jaringan distribusi tegangan rendah.
4. Cakupan peta tematik *losses voltage* hampir meliputi kawasan kampus ITS kecuali kawasan politeknik dan perumahan dosen *losses voltge* yang ditimbulkan melebihi 5% bila mengambil *suplay* dari gardu *Sub Station* kampus ITS Surabaya.

5.2 Saran

Pada peta tematik *losses voltage* kampus ITS Surabaya hampir keseluruhan wilayah kampus ITS Surabaya masuk area toleransi jarak jaringan distribusi sekunder dengan kapasitas dan *speak* jaringan distribusi listrik dengan posisi *Sub Station* seperti saat ini tegangan yang sampai pada titik beban nilainya masih dalam tolerarnsi, *loss voltage* yang ditimbulkan kurang dari 5% kecuali kawasan wilayah politeknik jika mengambil *suplay* dari gardu *Sub Station* kampus ITS Surabaya. Untuk penambahan sarana di kampus ITS Surabaya jika kebutuhan listrik masih dalam toleransi gardu *Sub Station* bisa ditambahkan jaringan distribusi primer dan untuk kebutuhan listrik yang besar disarankan posisi gardu dengan beban menimbulkan efek *losses voltage* yang kecil.

Lampiran 1. Data IDPL dengan suplay gardu induk dan penyulang (PT.PLN Persero)

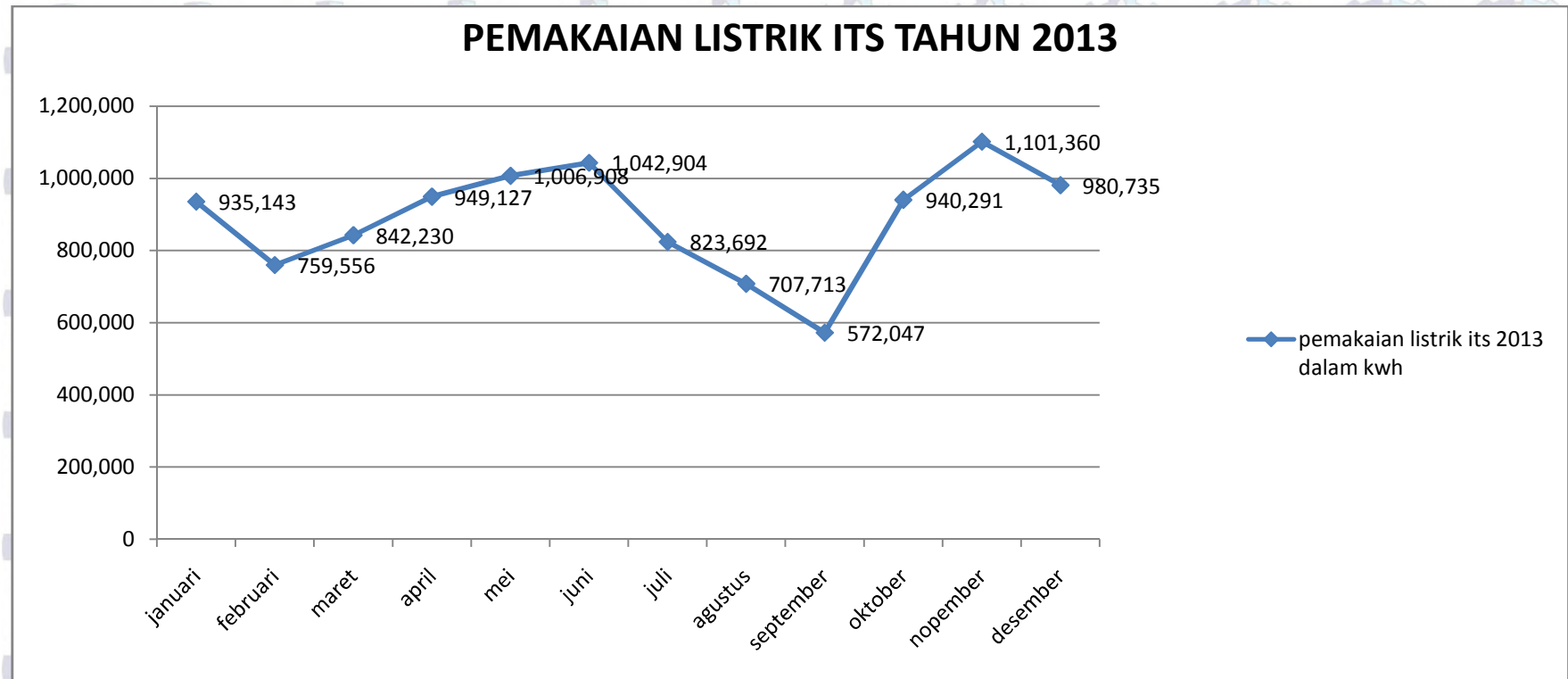
| NO | NAMA | IDPEL | GARDU | KAPASITAS (KVA) | MERK | PENYULANG | GARDU INDUK | KETERANGAN |
|----|---------------------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|-----------|-------------|---------------------------|
| 1 | POLI TEHNIK ELECTRO | 511422928920 | BD856/M 3315 | 690 | | GEBANG | SUKOLILO | GARDU BETON |
| 2 | POLTEK ELEKTRO NEG SB.ITS | 511423138684 | BD725 | 100 | BAMBANG DJAYA | GEBANG | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI (KHUSUS) |
| 3 | ITS | 511422322028 | BD853/M 2335 | 1110 | | GEBANG | SUKOLILO | GARDU BETON |
| 4 | GEDUNG DESAIN ITS | 511423229341 | BD936 | 200 | | GEBANG | SUKOLILO | GARDU BETON |
| 5 | UPT BPPH BPPT | 511422398784 | BD876/MD 0029 | 2180 | | ELEKTRO | WONOREJO | GARDU BETON |
| 6 | KAMPUS ITS | 511420972914 | BD852/M 1324 | 865 | | GEBANG | SUKOLILO | GARDU BETON |
| 7 | REKTORAT ITS | 511422914429 | BD852/M 1324 | 865 | | GEBANG | SUKOLILO | GARDU BETON |
| 8 | PERUM ITS | | BD319 | 200 | STARLITE | GEBANG | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI |
| 9 | GUEST HOUSE ITS | 511422951190 | BD879/MD0011 | 400 | | ITS | SUKOLILO | GARDU BETON |
| 10 | PERUM ITS | | BD710 | 160 | UNINDO | ITS | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI |
| 11 | PERUM ITS | | BD324 | 160 | STARLITE | ITS | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI |
| 12 | PERUM ITS | | BD323 | 250 | STARLITE | ITS | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI |
| 13 | PERUM ITS | | BD322 | 160 | UNINDO | ITS | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI |
| 14 | MEDICAL CENTER ITS | 511423222614 | BD460 | 100 | BAMBANG DJAYA | ITS | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI (KHUSUS) |
| 15 | ASRAMA MAHASISWA ITS | | BD036 | 100 | UNINDO | ITS | SUKOLILO | GARDU DISTRIBUSI |
| 16 | ASRAMA ITS | 511423229707 | BD935 | 345 | | ITS | SUKOLILO | GARDU BETON |

Lampiran 2. Data IDPL (PT.PLN Persero)

| NO | IDPEL | BLTH REK | TRF | DAYA | GOL | FRT | FJN | KDIN | KDOUT | RPTAG | TGLBAYAR | WKTBYR | KDPP | SLALWBP |
|----|---------------|-------------|-----|-------|-----|-----|-----|----------|-------|---------|----------|----------|------|---------|
| 1 | '511423222614 | Feb-14 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3428700 | 20140214 | 13:21:59 | SYB | 1423231 |
| 2 | '511423222614 | Jan-14 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3635700 | 20140122 | 12:10:07 | MGN | 1403065 |
| 3 | '511423222614 | Dec-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 4585200 | 20131210 | 11:45:38 | SYB | 1377625 |
| 4 | '511423222614 | Nov-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 4539300 | 20131119 | 11:27:38 | MGN | 1352438 |
| 5 | '511423222614 | Oct-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 4003094 | 20131009 | 14:54:51 | GSP | 1329252 |
| 6 | '511423222614 | Sep-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 2873874 | 20130910 | 14:55:12 | SYB | 1312616 |
| 7 | '511423222614 | Aug-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3125578 | 20130820 | 9:58:57 | SYB | 1294521 |
| 8 | '511423222614 | Jul-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 2765576 | 20130710 | 14:48:19 | SYB | 1277774 |
| 9 | '511423222614 | Jun-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3521184 | 20130605 | 11:55:33 | SYB | 1256443 |
| 10 | '511423222614 | May-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3415712 | 20130508 | 15:50:37 | SYB | 1235753 |
| 11 | '511423222614 | Apr-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3008145 | 20130408 | 10:53:27 | SYB | 1216726 |
| 12 | '511423222614 | Mar-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3278770 | 20130308 | 15:14:33 | VSI | 1195988 |
| 13 | '511423222614 | Feb-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3206975 | 20130208 | 15:00:45 | VSI | 1175701 |
| 14 | '511423222614 | Jan-13 | S2 | 53000 | 2 | 1 | N | REK_BARU | 22 | 3120375 | 20130108 | 13:21:27 | VSI | 1155078 |

Created by AP2T PLN ICON+, 14/02/2014 02:43:43

Lampiran 3. Data Pemakaian Listrik ITS Tahun 2013 (Biro Sarana ITS)



**TNB
SPECIFICATION**

**REFERENCE
T13-4C**

LOW VOLTAGE XLPE INSULATED POWER CABLES

TABLE 4D FOUR-CORE 600/1000V COPPER TAPES SCREENED CABLES (ALUMINIUM CONDUCTOR)

| Nominal Area Conductors | Thickness of Insulation | Thickness of Extruded Bedding | Thickness of Outer Sheath | Overall Diameter | Approx. Weight | Electrical Characteristics | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-------------------|----------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | | | | | | Current Rating | | Conductor Resistance | | Reactance at 50Hz | Voltage Drop |
| | | | | | | In Air at 40°C | In Ground at 25°C | dc at 20°C | 50Hz at 90°C | | |
| sq. mm | mm | mm | mm | mm | kg/km | amp | amp | Ω/km | Ω/km | Ω/km | mV |
| 25 | 0.9 | 1.0 | 1.7 | 25.2 | 820 | 89 | 104 | 1.20 | 1.54 | 0.079 | 2.7 |
| 70 | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 36.6 | 1725 | 166 | 180 | 0.443 | 0.568 | 0.075 | 0.99 |
| 120 | 1.2 | 1.3 | 2.4 | 45.9 | 2700 | 238 | 248 | 0.253 | 0.325 | 0.073 | 0.58 |
| 185 | 1.6 | 1.5 | 2.7 | 56.4 | 4020 | 315 | 315 | 0.164 | 0.211 | 0.073 | 0.39 |
| 300 | 1.8 | 1.7 | 3.1 | 69.0 | 6100 | 434 | 414 | 0.100 | 0.13 | 0.072 | 0.26 |

Core colour identification : red, yellow, blue and black
Black PE sheath

* Copper Tapes shall be applied over the bedding

**BS 6622
IEC 60502-2**

**REFERENCE
GA-22-3-S**

MEDIUM VOLTAGE XLPE INSULATED POWER CABLES

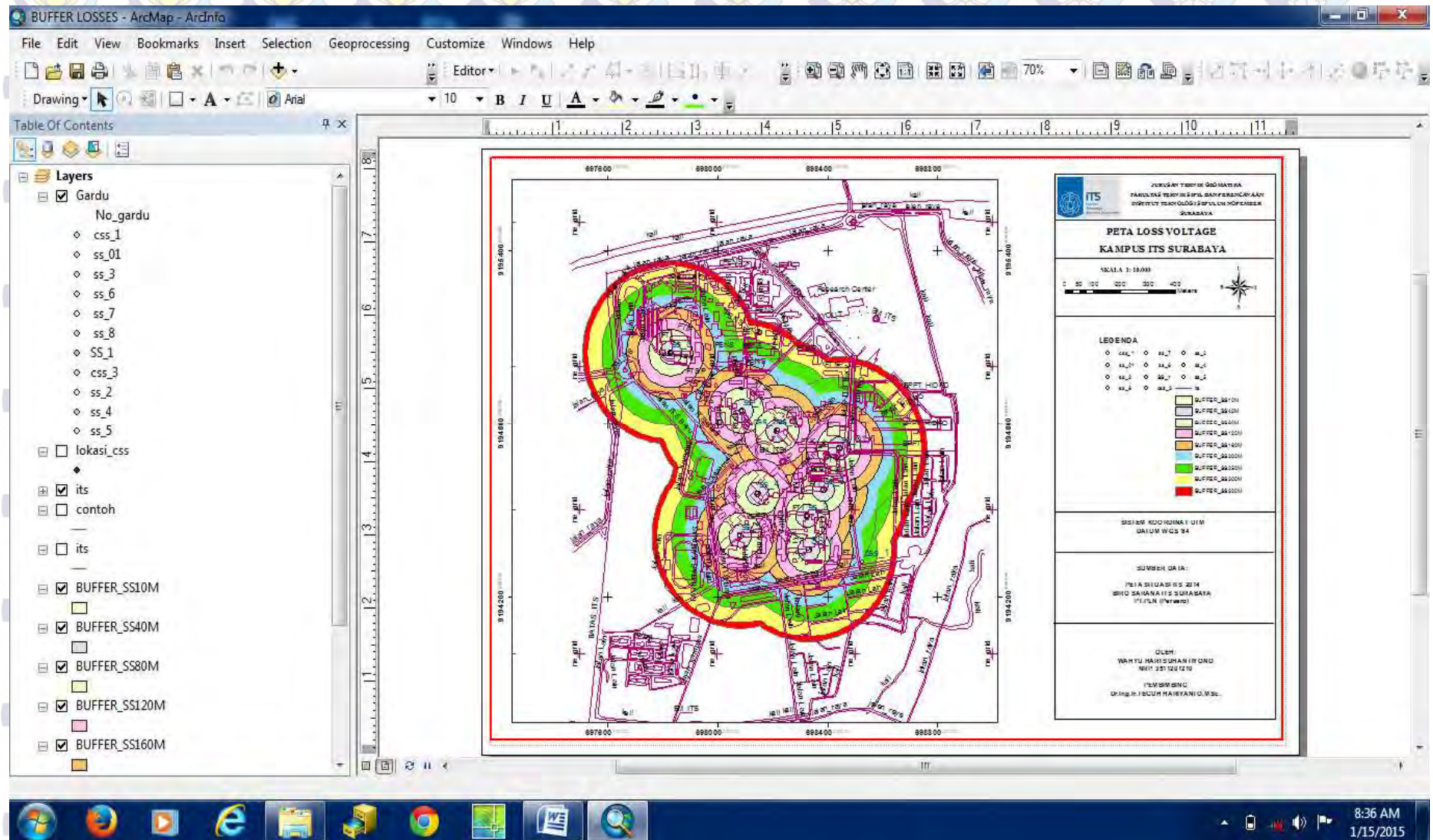
TABLE 12 THREE-CORE 22kV ARMoured CABLES (ALUMINIUM CONDUCTOR)

| Nominal Area of Conductors | Thickness of Insulation | Thickness of Extruded Bedding | Nominal Armour Wire Diameter | Thickness of Outer Sheath | Overall Diameter | Approx. Weight | Electrical Characteristics | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-------------------|----------------------|--------------|-------------------|-------------|
| | | | | | | | Current Rating | | Conductor Resistance | | Reactance at 50Hz | Capacitance |
| | | | | | | | In Air at 40°C | In Ground at 25°C | dc at 20°C | 50Hz at 90°C | | |
| sq. mm | mm | mm | mm | mm | mm | kg/km | amp | amp | Ω/km | Ω/km | Ω/km | μF/km |
| 35 | 5.5 | 1.5 | 2.5 | 2.8 | 62.8 | 5870 | 123 | 122 | 0.868 | 1.11 | 0.133 | 0.178 |
| 50 | 5.5 | 1.5 | 2.5 | 2.9 | 65.5 | 6310 | 149 | 144 | 0.641 | 0.821 | 0.127 | 0.194 |
| 70 | 5.5 | 1.6 | 2.5 | 3.0 | 69.1 | 6930 | 183 | 176 | 0.443 | 0.569 | 0.119 | 0.216 |
| 95 | 5.5 | 1.7 | 2.5 | 3.2 | 73.1 | 7670 | 221 | 207 | 0.320 | 0.409 | 0.113 | 0.240 |
| 120 | 5.5 | 1.7 | 3.2 | 3.3 | 77.9 | 9270 | 255 | 234 | 0.253 | 0.324 | 0.109 | 0.261 |
| 150 | 5.5 | 1.8 | 3.2 | 3.4 | 81.1 | 9950 | 285 | 261 | 0.206 | 0.265 | 0.105 | 0.28 |
| 185 | 5.5 | 1.9 | 3.2 | 3.6 | 85.0 | 10850 | 332 | 297 | 0.164 | 0.211 | 0.102 | 0.303 |
| 240 | 5.5 | 2.0 | 3.2 | 3.7 | 90.2 | 12080 | 391 | 342 | 0.125 | 0.160 | 0.098 | 0.334 |
| 300 | 5.5 | 2.0 | 3.2 | 3.9 | 95.4 | 13360 | 442 | 383 | 0.100 | 0.129 | 0.094 | 0.367 |

TNB

REFERENCE

Lampiran 5. Tampilan Peta LOSS VOLTAGE di Arc Map



PENGUKURAN UPDTE DATA TEGANGAN.

Alat yang digunakan



Pengukuran di gedung geomatika lantai 3



Pengukuran di UPT Bahasa



Pengukuran di gedung research center



Pengukuran di gedung LPPM

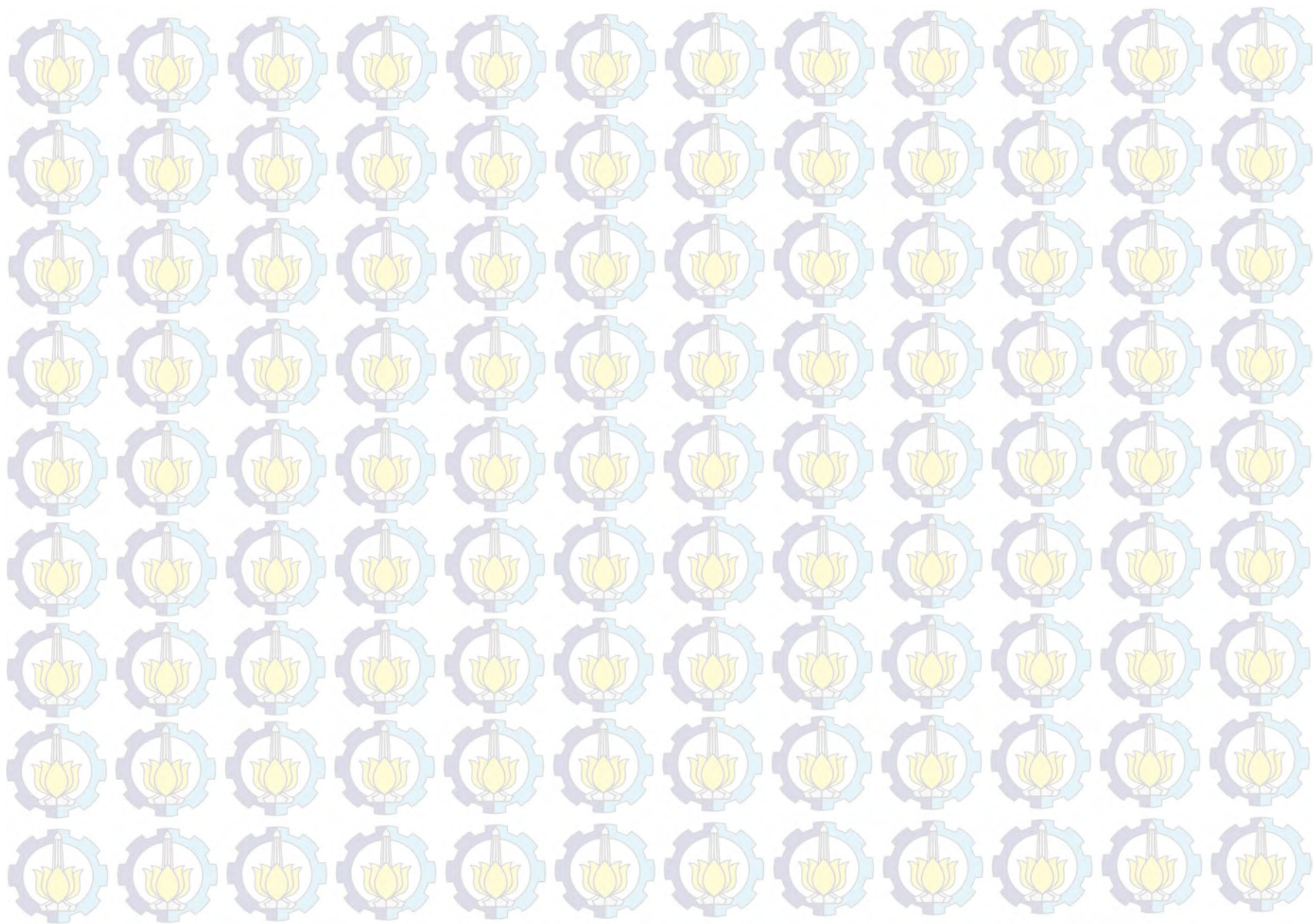


Hasil Pengukuran

Menggunakan sistim koordinat UTM datum WGS'84

Tabel Pengukuran Tegangan

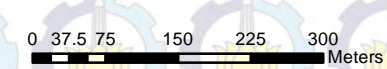
| No | Nama Gedung | Posisi | | Hasil Pengukuran | | Konversi dalam Volt |
|----|--------------------|------------|-------------|------------------|--------|---------------------|
| | | X | Y | 10 volt/div | 1-10 X | |
| 1 | Geomatika lantai 3 | 698052.341 | 9194872.945 | 3.10 | 10 | 219.117 Volt |
| 2 | Research Center | 698353.314 | 9195258.945 | 3.00 | 10 | 212.100 Volt |
| 3 | Gedung LPPM | 698269.320 | 9194833.700 | 3.12 | 10 | 220.584 Volt |
| 4 | UPT Bahas | 697654.339 | 9195212.238 | 3.15 | 10 | 222.705 Volt |



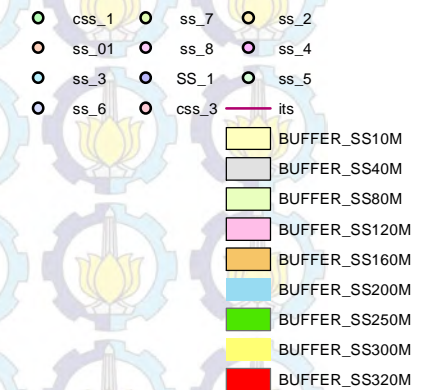


JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

**PETA LOSS VOLTAGE
KAMPUS ITS SURABAYA**



LEGENDA



**SISTEM KOORDINAT UTM
DATUM WGS '84**

SUMBER DATA:

PETA SITUASI ITS 2014
BIRO SARANA ITS SURABAYA
PT.PLN (Persero)

OLEH:
WAHYU HARI SUHANTIYONO
NRP. 3511201210

PEMBIMBING
Dr.Ing.Ir.TEGUH HARIYANTO,MSc.

PROFIL PENULIS



Wahyu Hari Suhantiyono, lahir di Sidoarjo tahun 1977, penulis pegawai negeri sipil propinsi Jawa Timur pada dinas pendidikan menengah dan kejuruan. Instansi pekerjaan Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 3 Surabaya, bidang studi yang diampuh: Teknik Instrumentasi Listrik, Teknik Pengendali Elektronik, Instalasi Motor Listrik.

Riwayat pendidikan formal yang di tempuh penulis:

- SD Negeri Becirongengor I
- SMP Negeri I Wonoayu
- SMK Negeri 3 Surabaya(bidang keahlian listrik)
- Universitas Negeri Surabaya(bidang keahlian listrik)
- Institut Teknologi Bandung (bidang keahlian otomasi industri)
- Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya(bidang keahlian geomatika)

Karier yang pernah diemban:

- Pengajar di SMK Negeri 3 Surabaya Jurusan listrik tahun 2001- sekarang
- Kepala Jurusan Listrik SMK Negeri 3 Surabaya tahun 2010-2012
- PJT (Penanggung Jawab Teknis listrik) CV.Bintang Lima 2011- sekarang